

# **Doctorado en Sociología**

**Trayectorias, Polos y Redes en la construcción de la Ciencia en México:**

***El caso de la Biotecnología***

**Alumna:  
Estela Maldonado Pérez**

**Asesor:  
Ma. Del Rocío Grediaga Kuri**

**14 Abril 2014**



Para la realización de esta tesis se contó con el apoyo de una beca CONACYT

## PRESENTACION

Quisiera empezar diciendo que la legitimidad del quehacer científico y, por ende, de los científicos, es un asunto disciplinario y depende únicamente de la valoración otorgada por los pares a los hallazgos generados. Evidentemente esto no es así, la legitimación se construye.

Siguiendo a Weber (1984), la legitimidad es una categoría que califica las relaciones de autoridad y dominación entre los grupos, las organizaciones y los individuos. Donde una de las partes, en base al seguimiento de las reglas establecidas y a la acumulación de capitales (Bourdieu, 2000), posee rasgos de diferenciación que le otorgan el grado de autoridad dentro de un grupo, con lo cual posee autoridad y derecho a ejercerla en un grupo o en un campo.

Para que esta relación de dominación se mantenga es necesario que la legitimidad se nutra de representaciones colectivas y sistemas de significado (Weber 1981), donde se conjugan la ingerencia de diferentes actores y factores. Es allí donde inicia el conflicto en el campo científico, en la lucha de fuerza que existe entre la legitimación del quehacer científico dentro de la disciplina y la ingerencia de los actores externos en la determinación de lo que es válido ó no dentro del quehacer científico. En este trabajo se muestra que la relación de poder en la construcción de la ciencia está fincada en:

- a) la relación que se establece entre los científicos y los actores interesados en el desarrollo de la ciencia, pertenecientes a ámbitos como el político, el económico y el social, y que en base a esta relación se determinan los espacios de visibilidad e ingerencia de los grupos en competencia.
- b) debido a los cambios en las lógicas de evaluación y certificación, los polos de formación, las políticas y fuentes de financiamiento, las dinámicas del mercado trabajo y los medios de comunicación, las relaciones de autoridad cambian, desplazando a los grupos que no cuentan con los medios para adaptarse a los cambios.

En esta nueva dinámica entre y transdisciplinaria del quehacer científico, estudiada por Gibbons (1997) las fronteras entre áreas, disciplinas, enfoques, campos se vuelve más difusa y emergen disciplinas como la Biotecnología, que muestran las formas cambiantes de la legitimidad y visibilidad del quehacer científico a que se enfrentan los investigadores hoy en día.

## **Agradecimientos**

*Aunque esta tesis se dedica a estudiar a los investigadores de la élite científica quiero dedicar esta tesis, en primer lugar, a todos aquellos investigadores y maestros universitarios que por distintas razones no se encuentran dentro de este sistema, y que día a día están en las trincheras de las universidades, al frente de los salones de clase y en los laboratorios de investigación trabajando para construir la ciencia.*

*En segundo lugar quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron a esta tesis en particular a los investigadores que amablemente abrieron las puertas de sus laboratorios para que pudiera llevar a cabo mi trabajo de campo.*

*Mi reconocimiento también al personal del Departamento de Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, gracias a su apoyo pude asistir a conferencias y seminarios que marcaron positivamente el desarrollo de mi formación. A mis profesores; Mario Rubí, Dinorah Miller y en especial a Romualdo López Zarate, agradezco las interesantes discusiones realizadas en los seminarios de investigación. A Lorena Oliver Villalobos, Milena Téllez Rico, Rosalía Serrano de la Paz y Mónica López, compañeras monaqueras del doctorado gracias por su apoyo solidario.*

*Agradezco, también a los lectores de este trabajo Mery Hamui Sutton, Norma Rondero y Raúl Jiménez Rodríguez los comentarios que me permitieron mejorar la versión final.*

*Con Etienne Gérard, tengo una deuda intelectual y de amistad. Ya que, siguiendo la ruta de las cadenas de conocimiento logramos descubrir nuevos senderos en la construcción del conocimiento científico. A Rocío Grediaga Kuri, mi tutora de tesis, a ella debo de agradecer no solamente el haber sido aceptada en esta institución, sino también su valioso ejemplo como investigadora y su paciencia para formar no solamente investigadores sino personas comprometidas con el devenir de un país.*

*También agradezco la lectura atenta y cuidadosa de la especialista en la materia, Valeria López Salazar, y el apoyo técnico y moral de Eduardo Velazquez.*

*A mis familiares y amigos que estuvieron conmigo a lo largo de este proceso les tengo en gran aprecio por su ayuda colaborativa. Gracias David Flores y Maguis por su apoyo y colaboración en mi trabajo de campo en Estados Unidos. Gracias Marie Fiorletta y Patricio de la Costa por su apoyo en la logística de las entrevistas realizadas en Francia. Gracias Laurance Proteau, por sus animosas palabras y apoyo metodológico. Gracias Paco y Rodrigo por esas pequeñas cosas que nos hacen crecer. También agradezco el apoyo incondicional de Tomy para la realización de esta tesis. Gracias mamá, por tu apoyo, seguimos adelante.*

## **Resumen**

A partir de la hipótesis de que el reconocimiento de los científicos y de los colectivos de investigación no depende únicamente de los méritos individuales o de grupos particulares, sino que tiene relación con el contexto, los espacios, las formas de producción del conocimiento y el interés de los actores externos a la ciencia – del ámbito político, económico y social – interesados en la aplicación de los conocimientos científicos; este estudio analiza las trayectorias formativas, profesionales y las redes de colaboración de los investigadores científicos pertenecientes a la élite científica para observar de cerca los factores y actores –dentro y fuera del ámbito disciplinario- que influyen en la construcción y legitimación de los paradigmas científicos. Encuadrado bajo la perspectiva de la sociología de la ciencia se presenta en este trabajo un estudio cualitativo y cuantitativo sobre la génesis y la evolución de la Biotecnología en México, a través del estudio de cuatro colectivos de referencia en el campo: el Instituto de Biotecnología de la UNAM, el Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, el Colegio de Posgraduados unidad Montecillo y la unidad de Irapuato del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.

## **Abstract**

This thesis depart from the hypothesis that the recognition of scientists and the research's collectives not only depends on the individual or particular groups merits, but on the interaction between science and society spaces and actors interest linked with the production knowledge. The research of the professionals's formative trajectories and their collaboration in research networks of the scientists of the elite allows me to closely observe the factors and actors -in and outside of the discipline- which have an effect in the making and validation of the scientific work. From the perspective of the sociology of science this work presents a qualitative and quantitative study about the genesis and evolution of Biotechnology in México. I took as object of study four research collectives which are considered main references in the field: Instituto de Biotecnología of the UNAM, Department of Biotechnology of the Universidad Autónoma Metropolitana Campus Iztapalapa, Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, and the Unit of Irapuato of the Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.

## **Résumé**

A partir de l' Hypothèse de la légitimation des scientifiques et des institutions de recherche ne correspond pas uniquement aux découvertes scientifiques, elle est aussi en rapport avec le contexte, les espaces, les formes de production de la science et l'intérêt des acteurs externes (politique, économique et social) intéressés à mobiliser les connaissances produites par la science. Cette recherche analyse les cursus de formation, les trajectoires professionnelles et les réseaux de collaboration de chercheurs pour appréhender finement l'influence des facteurs et des acteurs externes à la science qui favorisent la construction et la légitimation des paradigmes scientifiques. Conformément aux perspectives de la sociologie des sciences, cette étude qualitative et quantitative sur la genèse et l'évolution de la Biotechnologie au Mexique s'appuie sur l'analyse de quatre institutions de référence dans ce domaine: 1) Instituto de Biotecnología de la UNAM, 2) Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana campus Iztapalapa, 3) Colegio de Posgraduados campus Montecillo, 4) Centro de Investigación y Estudios Avanzados de la IPN campus Irapuato.

## Índice

Introducción .....	8
Capítulo I. ....	15
La construcción y validación de la Ciencia.....	15
<b>1.1 LA CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA CIENCIA VISTA DESDE LA SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. EL CONCEPTO DE LEGITIMACIÓN Y PODER EN LA CIENCIA .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3. LA DOMINACIÓN SE CONSTRUYE: TEORÍAS SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIENCIA.....</b>	<b>22</b>
<b>1.4. LA CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DEL QUEHACER CIENTÍFICO ENTRE FINANCIAMIENTO Y CONTEXTOS ORGANIZACIONALES DIFERENCIADOS .....</b>	<b>29</b>
1.4.1 Las organizaciones y la generación de conocimiento .....	30
1.4.2. El financiamiento y el quehacer científico .....	33
<b>1.5 LITERATURA SOBRE EL TEMA .....</b>	<b>41</b>
<b>1.6 HIPÓTESIS.....</b>	<b>43</b>
Capítulo II. Las políticas públicas y el desarrollo de la CyT en México: caminos cruzados .....	49
<b>2.1. POLÍTICAS CIENTÍFICAS Y CONTEXTOS INTERNACIONALES .....</b>	<b>49</b>
<b>2.2 LAS POLÍTICAS CIENTÍFICAS Y LAS TRAYECTORIAS FORMATIVAS EN EL PRIMER PERÍODO: PREVIO A 1984 .....</b>	<b>56</b>
2.2.1. Cambios en el sistema de Educación Superior: creación del CONACYT y el SNI .....	60
<b>2.3 LOS POLOS DE REFERENCIA SEGÚN EL MOMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO .....</b>	<b>66</b>
2.3.1 Los polos formación antes de la regulación (previo a 1984) .....	66
<b>2.4. HACIA UN REORDENAMIENTO DEL SISTEMA (1985-1996) .....</b>	<b>69</b>
2.4.1. Polos de formación en el segundo período: 1985-1996 .....	71
<b>2.5. LAS POLÍTICAS CIENTÍFICAS Y LA CONSOLIDACIÓN DE LOS COLECTIVOS (1997-2012).....</b>	<b>73</b>
2.5.1 Polos de formación en el tercer período: 1997-2012 .....	75
<b>2.6. LAS POLÍTICAS CIENTÍFICAS Y LAS TRAYECTORIAS PROFESIONALES DE LOS INVESTIGADORES: ENTRE CONSOLIDACIÓN DISCIPLINARIA Y MARCOS REGULATORIOS .....</b>	<b>78</b>
<b>2.7. LAS POLÍTICAS CIENTÍFICAS Y LA CONSTRUCCIÓN DE LAS REDES DE COLABORACIÓN .....</b>	<b>87</b>
Capítulo III. Selección del Objeto de estudio y estrategias de análisis .....	98
<b>3.1 DELIMITACIÓN DE CONCEPTOS .....</b>	<b>98</b>
<b>3. 2 ESTRATEGIA PARA LA SELECCIÓN DEL ÁREA DISCIPLINARIA .....</b>	<b>103</b>
3. 2.1 Selección de los colectivos de investigación .....	107
<b>3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS .....</b>	<b>111</b>
Capítulo IV. La evolución y legitimación de la Biotecnología.....	116
<b>4.1 LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BIOTECNOLOGÍA .....</b>	<b>117</b>
<b>4.2 ANTECEDENTES DE LA BIOTECNOLOGÍA.....</b>	<b>121</b>
<b>4.3 PRIMERA ETAPA DE LA VISIBILIDAD DE LA BIOTECNOLOGÍA .....</b>	<b>122</b>
<b>4.4 SEGUNDA ETAPA: LA BIOTECNOLOGÍA EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y ANTIBIÓTICOS A GRAN ESCALA.....</b>	<b>126</b>
4.4.1 La Biotecnología y el desarrollo de alimentos.....	127
4.4.2 La Biotecnología y el desarrollo de fármacos.....	131
<b>4.5 TERCERA ETAPA DE LA BIOTECNOLOGÍA: LA INGENIERÍA GENÉTICA .....</b>	<b>137</b>
4.5.1 El proyecto del Genoma Humano y la Big Science .....	140
4.5.2 La validación de la ciencia en la época del ADN.....	142
Capítulo V.....	148
La Biotecnología en México: cuatro colectivos de investigación consolidados .....	148
<b>5.1 LOS ORÍGENES DE LA BIOTECNOLOGÍA EN MÉXICO .....</b>	<b>148</b>
<b>5.2 LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS COLECTIVOS SELECCIONADOS .....</b>	<b>153</b>
5.2.1 El Colegio de Posgraduados y el desarrollo del Agro .....	157

5.2.2 El Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBT-UNAM) .....	170
5.2.3 El Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa (DBT-UAMI) .....	179
5.2.4. Centro de investigación y Estudios Avanzados Unidad Irapuato (CINVESTAV-I) .....	184
Capítulo VI.....	191
Polos, trayectorias y redes en contextos diferenciados.....	191
<b>6.1 ELEGIR EL CAMPO DE LA BIOTECNOLOGÍA: DE LA INFLUENCIA DEL ENTORNO A LA BÚSQUEDA DE NUEVAS RESPUESTAS. .</b>	<b>193</b>
6.1.1. Las trayectorias formativas de los pioneros. Tras los polos de generación de conocimiento. ....	196
6.1.2 Las trayectorias profesionales de los pioneros: el regreso a la Academia y a los puestos de gestión de los primeros biotecnólogos. ....	204
6.1.3 Los pioneros: Tejiendo las redes de colaboración .....	207
6.1.4 Las trayectorias formativas de los herederos: Construyendo nuevos polos.....	213
6.1.5 Las trayectorias profesionales de los herederos: la consolidación de los polos nacionales. ....	222
6.1.6. Las redes de colaboración de los herederos: delimitación de territorios.....	228
<b>6.2 LAS TRAYECTORIAS FORMATIVAS DE LA GENERACIÓN DE RECAMBIO: LA COMPETENCIA DE LOS CVU. ....</b>	<b>232</b>
6.2.1 Las Trayectorias Profesionales de la generación de recambio: la adaptación a las nuevas reglas. ....	236
6.2.2 Las redes de colaboración de la generación de recambio: una visibilidad diferenciada .....	240
6.2.3 Las trayectorias formativas y profesionales de las científicas.....	242
<b>6.3 REDES Y LUGARES DE FORMACIÓN .....</b>	<b>247</b>
<b>6.4. TEMAS PENDIENTES: LOS MEXICANOS EN EL EXTERIOR .....</b>	<b>252</b>
Conclusiones .....	255
Bibliografía.....	266
Anexos .....	284
APENDICE A.....	292
APENDICE B.....	300
SIGLAS .....	301
Índice de tablas.....	303
Índice de gráficas.....	306

## INTRODUCCION

La construcción de la ciencia siempre ha sido un tema de interés no solamente por el incremento de los avances generados en todos los ámbitos, sino también por el interés mostrado por actores, externos a la ciencia, del sector político y económico; en los efectos y beneficios del desarrollo del conocimiento y sus aplicaciones a través de la tecnología. Para los científicos es fundamental conocer cuáles son los paradigmas existentes y poder así participar en el desarrollo del conocimiento de frontera. Para el sector productivo resulta primordial estar al tanto de los descubrimientos científicos para su capitalización. Para el ámbito gubernamental, para reorientar las políticas de ciencia y tecnología, resolver los problemas de orden social y posicionarse política y económicamente como países productores de conocimiento, por ejemplo.

Mi punto de partida se sustenta en la idea de que, dadas las condiciones actuales de competencia por los recursos para llevar a cabo el quehacer científico, los parámetros de validación de éste no se limitan sólo y exclusivamente al consenso que tiene la comunidad científica como referente para dictaminar lo que es válido ó no; sino que existen diferentes actores y factores, indirectamente vinculados con el ámbito científico, que pueden determinar lo que es válido y pertinente en el quehacer científico.

Sintéticamente los principales actores en estos procesos son: a) los que generan el conocimiento científico, b) aquellos que lo administran o, c) quienes, directa o indirectamente somos consumidores de los hallazgos científicos.

De acuerdo con las investigaciones de la Sociología de la Ciencia, (Merton, 1977; Bourdieu, 1976, 2000, 2001; Kuhn, 1977) el desarrollo de la ciencia, vista desde fuera, como cualquier otra actividad humana, está asociado a factores e intereses externos a los colectivos de investigación, que influyen tanto en la opinión de los científicos como en la orientación de los temas de investigación relevantes de explorar. Visto desde dentro (como lo hace Latour, 1995; Lomnitz, 1992, 2009 y Knorr Cetina, 2005, por ejemplo), el quehacer científico sigue pautas de socialización donde los juegos de poder, las disputas y las alianzas tienen un papel importante en la visibilidad y legitimación de los paradigmas. Estos estudios mostraron que analíticamente el desarrollo de la ciencia puede descomponerse en un elemento cognitivo y otro social (dentro y fuera de los colectivos). En la parte social, la organización interna presenta tensiones entre las posiciones encontradas de los colectivos en competencia (teoría de Kuhn, 1977) y en la dimensión social externa existen actores con intereses políticos, económicos distintos al de los



científicos; o también, pueden existir elementos contextuales que influyen en el posicionamiento de ciertas teorías y de ciertos colectivos en un momento dado (Kreimer, 2009).

Estudios concretos sobre las comunidades científicas (Orozco y Chavarro, 2010; Kreimer, 2006, 2008; Albornoz, 1999) han mostrado que a partir de la Segunda Guerra Mundial hubo un cambio relevante en la dinámica del quehacer científico, cuando los tomadores de decisiones, políticos y económicos, se percataron del poder asociado a los avances del conocimiento. Después de la Segunda Guerra Mundial, una vez que el tema de la producción de la ciencia se volvió un asunto de Estado, las prácticas tradicionales de hacer ciencia cambiaron radicalmente. Por ejemplo, los equipos de trabajo se volvieron multi/interdisciplinario para poder participar en la llamada “Big Science” (Gibbons, 1997), los patrones de interacción dentro de la comunidad científica y su articulación con otros actores sociales fueron cambiando con el objetivo de encontrar nuevos aliados en la producción del conocimiento (Knorr Cetina, 2005).

Otro de los cambios significativos fue el hecho de la disminución del aporte que hacían los gobiernos al desarrollo de la ciencia. En paralelo, los costos para llevar a cabo la investigación de frontera fueron en aumento. La delimitación del objeto de estudio y su aplicación ya no dependieron únicamente de los intereses disciplinarios, sino de la concurrencia de varios actores que generaron actitudes francamente competitivas entre individuos, instituciones, e incluso países, con la finalidad de atraer talentos y recursos para generar conocimiento (García-Guadilla, 2005; Remedi, 2009).

Al parecer estos cambios han jerarquizado geográficamente no solamente a los científicos, sino también a los colectivos de investigación, las instituciones y también a los países. Por lo cual parecería válida, al menos como punto de partida, la imagen proporcionada por el concepto del efecto *Mateo* señalada por Merton (1977) dejando en desventaja a las comunidades científicas y a los países que no cuentan con la infraestructura y los recursos humanos de los países de avanzada para participar en la construcción del conocimiento.

Por ejemplo, respecto a la inversión y financiamiento al desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (CyT), la información disponible en fuentes internacionales (Banco Mundial, OECD, el BID)<sup>1</sup> muestra una fuerte diferenciación tanto en el monto designado al desarrollo de la CyT como en el número de investigadores, entre los países más

---

<sup>1</sup> A este respecto vale la pena consultar los datos estadísticos generados por el Banco Mundial en el sitio: <http://wdi.worldbank.org/table/5.13>, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos OCDE en: el sitio <http://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/> y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en la dirección: <http://www.iadb.org/es/banco-interamericano-de-desarrollo,2837.html>,

desarrollados y las economías emergentes. Para ejemplificar lo anterior, basta comparar algunos de los datos proporcionados por estos organismos. En 2010 en Estados Unidos o Francia el número de Investigadores de Tiempo Completo por cada millón de habitantes era de 4,671 y 3,751 respectivamente, mientras que en México era de 384.<sup>2</sup> En cuanto al promedio de inversión destinada del PIB al desarrollo de la CyT, Estados Unidos aportó el 2.9 y Francia el 2.25, mientras que México asignó en ese mismo año, sólo el 0.4 del PIB para este rubro, situación que se ha mantenido durante las últimas tres décadas.

Sin embargo, como se verá más adelante, las explicaciones no son simples, pues no existe siempre una correspondencia lineal entre el *input* y el *output*. En términos de productividad e impacto del conocimiento producido existen también márgenes de diferenciación interesantes, no sólo entre países con distintos niveles de desarrollo económico y grados de desigualdad social, sino también entre países desarrollados o países con niveles de inversión similares en este sentido.

¿Pero qué sucede con aquellos científicos y aquellos colectivos de investigación que no se encuentran dentro de los espacios, que por su infraestructura e insumos son de alta productividad, ni en esos contextos donde el desarrollo de la ciencia y la tecnología disponen de una fuerte inversión?

Independientemente del posible sesgo que exista en los indicadores registrados por el Banco Mundial para dar cuenta del desarrollo científico y de los estudios ya mencionados, sería pertinente preguntarse ¿cómo, bajo estas circunstancias, se lleva a cabo el quehacer científico?, ver ¿de qué manera las comunidades científicas como la mexicana llegan a tener un impacto sustantivo en la producción de conocimiento? y conocer ¿de qué manera este tipo de dinámicas de competencia han influido en la validación del trabajo científico desarrollado en un país como México?

Si bien Merton (1977) habla de que el desarrollo de la ciencia, en tanto que sub sistema social, depende de las pautas de interacción y los juicios de pares válidos dentro de la comunidad científica, que se rigen por una serie de normas éticas y racionales necesarias para el avance en la producción del conocimiento; el autor también afirma que la comunidad científica (no el procedimiento para generar y validar el avance del saber) es permeable a las influencias externas de la sociedad. Al igual que el resto de los miembros de la sociedad, los integrantes de las comunidades científicas y disciplinarias están sujetos a normas de integración, que pueden ser más o menos conflictivas internamente, además

---

<sup>2</sup> Datos tomados del sitio: <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SCIE.RD.P6>.

de tener que hacer frente a los embates contextuales. La cuestión aquí sería ver cuál es el peso específico que tiene cada uno de estos factores en la construcción y validación de los resultados de la actividad científica.

Orientado en la perspectiva de análisis de la Sociología de la Ciencia, este estudio busca entender cómo surgen, se desarrollan y se posicionan internacional y nacionalmente los colectivos de investigación de países como México, con el objeto de ubicar los actores y factores que intervienen en la construcción y validación del quehacer científico en sociedades denominadas como economías intermedias o emergentes.

Para entender cómo se produce, se valida y se difunde la producción científica, me planteo observar este proceso a través de tres aspectos analíticamente importantes en el proceso de construcción y reproducción de la comunidad que produce ciencia: las trayectorias formativas, las trayectorias profesionales y las redes de colaboración científicas. Mis preguntas de inicio en cada una de estas dimensiones son las siguientes:

¿De qué manera las trayectorias formativas de los científicos constituyen un factor importante en la creación y consolidación de un área disciplinaria, en la legitimación del quehacer científico de un individuo y de un colectivo de investigación?

¿A qué tipo de retos contextuales se enfrentan los investigadores mexicanos para poder posicionarse favorablemente dentro del campo disciplinario de referencia?

¿De qué manera la construcción de las redes de colaboración ha contribuido a la consolidación y visibilidad del desarrollo de un campo científico, o de un colectivo, en México?

Siguiendo mi hipótesis, considero que en el reconocimiento de los espacios de formación y las formas de reproducción de la comunidad dedicada a la ciencia intervienen actores y factores externos al quehacer científico, que favorecen la adopción de ciertos paradigmas, de ciertas manera de hacer y concebir la ciencia y por lo tanto orientan la línea a seguir en la producción del conocimiento. En cuyo caso se podría hablar de Polos de atracción por la relevancia de su participación en la producción de conocimiento, es decir, espacios de referencia casi obligada que pueden variar históricamente tanto para la etapa formativa, como en la concerniente al desarrollo profesional.

Considero, en fin, que la construcción y validación de la ciencia se encuentra precisamente en la tensión que se establece entre lo social y lo cognitivo dentro y fuera de los colectivos, que constituye una arena de conflictos que explican la dirección y el peso del desarrollo de determinadas trayectorias y resultados. Es decir, los procesos de producción de conocimiento no ocurren en un ámbito neutro o puramente racional. Afectan por un lado la

competencia entre individuos y grupos por la prioridad del descubrimiento, y por otro, los cambios sufridos en la velocidad de aplicación de éste a la solución de necesidades que hacen intervenir mucho más directamente al sector productivo en las posibilidades de financiamiento o apoyo a ciertos temas o líneas de investigación. Dichas necesidades son tan diversas como diversos son los actores involucrados en la definición de agendas, prioridades para el financiamiento y la difusión del conocimiento producido.

Para observar el fenómeno que me interesa, tomaré como universo de referencia a los investigadores que forman parte de la élite científica y que son reconocidos como integrantes del sistema Nacional de Investigadores (SNI).

Dado el interés por la reconstrucción de las condiciones de evolución, los procesos de interacción, colaboración y competencia entre científicos y colectivos de investigación, me obligan a concentrarme en la exploración detallada de un sólo campo de conocimiento.

Por su relativa novedad, el área disciplinaria seleccionada para realizar este estudio es la Biotecnología, buscando en particular determinar cuáles son los colectivos de investigación que por el número de investigadores reconocidos, los lugares en que llevaron a cabo su formación y los contextos institucionales y temporales de sus trayectorias profesionales me permitirán establecer un análisis comparativo intradisciplinario para entender el desarrollo de un campo y su institucionalización en el país.

En términos de los conceptos de visibilidad y legitimación del conocimiento científico, la reciente institucionalización de la Biotecnología en México, la cual se inicia a partir del año 1974,<sup>3</sup> fue uno de los factores que influyó en la selección de esta área disciplinaria para este trabajo de tesis. Un segundo elemento es la fusión de disciplinas y la ruptura de fronteras que caracteriza la emergencia de nuevas ramas de especialización científica. Finalmente, por el carácter aplicado y la vocación de solución de problemas que ha acompañado su surgimiento y desarrollo, permite analizar el cambio en la composición de los actores en el proceso de producción de conocimiento en la época actual. Considero que esto me permitirá profundizar en los factores científicos y contextuales que contribuyeron en la construcción de una nueva área disciplinaria, analizar los elementos que han favorecido a la evolución y consolidación de los colectivos de investigación, y recuperar de viva voz los avatares a los cuales se enfrentan los investigadores para producir conocimiento y posicionarse dentro del campo.

---

<sup>3</sup> Se considera el año de 1974 como fecha de la institucionalización de la Biotecnología porque corresponde al momento en el cual se construyen departamentos y colectivos de investigación con esa apelación dedicados específicamente al estudio y desarrollo de esta disciplina.

Aunque será en el curso del desarrollo de la tesis donde se justificará la selección de los colectivos que forman parte de este estudio, mostrando su papel en la introducción de la disciplina y su institucionalización en México, creo que es importante mencionar en esta introducción cuáles son colectivos seleccionados para este estudio: el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional autónoma de México (IBT-UNAM), el departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa (DBT-UAMI), el Colegio de Posgraduados Unidad Montecillos (COLPOS-M). El Centro de Investigación y Estudios Alanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Irapuato (CINVESTAV-I).

A través del análisis de la génesis y evolución de los que hoy están considerados los grupos más consolidados de la Biotecnología en el país, busco encontrar los factores que explican por qué estos colectivos de investigación, que conviven en espacios sociopolíticos y económicos semejantes se creen, desarrollen y consoliden de manera diferenciada. La reconstrucción de los procesos formativos, los polos de formación y las características de las redes disciplinarias hipotéticamente me permitirá destacar los elementos que han producido una posición y definición diferenciada en el campo de la ciencia y la tecnología.

La propuesta de este estudio es retomar las trayectorias de investigadores y colectivos desde los espacios donde han obtenido su habilitación (trayectorias formativas), los elementos que contribuyen a su evolución (trayectorias profesionales) y las formas de evolución, colaboración y reproducción de las líneas y grupos de investigación (redes de colaboración). La elección de los tres ejes que orientan el desarrollo de la presente investigación responden al hecho de que la producción del conocimiento -dentro de un marco institucionalizado- se genera dentro de espacios concretos, las universidades y los laboratorios; se trasmite mediante procesos de enseñanza-aprendizaje y se reproduce, desde tiempos remotos, a través de las redes (Iyanga, 2000).

El aporte de este trabajo será entonces, analizar de manera más puntual los factores que van moldeando la construcción de los colectivos que producen conocimiento científico, buscan su legitimación y difunden sus logros tanto dentro como fuera del ámbito de científico.

Me interesan igualmente los procesos que van legitimando a los actores que la difunden. Comparar el peso de lo cognitivo y lo social en estos cuatro colectivos, observar los puntos de encuentro y desencuentro y dar cuenta de los factores que influyen en la validación de los paradigmas científicos y la legitimación de los hacedores de la ciencia.

El trabajo está conformado por 6 capítulos. En el primer capítulo se recupera la literatura disponible sobre el tema de la construcción de la ciencia, se definen los conceptos y perspectivas básicas de análisis. En el segundo capítulo se analizan las políticas de ciencia y tecnología y su impacto en la construcción de la élite científica deteniéndome a analizar el papel del SNI como referente para observar los efectos del cambio en la conformación de la comunidad científica nacional. La justificación de la elección de los colectivos de estudio y las estrategias metodológicas para observar y medir los distintos aspectos de la perspectiva analítica adoptada se presentan en el tercer capítulo. Más adelante, en el cuarto capítulo se da cuenta del desarrollo histórico de la disciplina, su aparición e institucionalización en México. En el quinto capítulo se describe a los colectivos seleccionados en las tres dimensiones analíticas centrales planteadas: trayectorias formativas, trayectorias profesionales (ingreso y desarrollo del colectivo, su producción y resultados), así como las redes y vínculos que han ido conformando a través del tiempo con otros grupos nacionales e internacionales. En el sexto capítulo se lleva a cabo el análisis de la interpretación que hacen los propios actores de la relevancia de dichos factores, a través de la sistematización de las opiniones vertidas en las entrevistas realizadas. Al final se presentan las conclusiones generales, destacando los elementos compartidos y aquellos que pueden explicar las diferencias observadas. La tesis concluye con los apartados de bibliografía y los anexos en que se detallan las etapas de trabajo de campo, los instrumentos empleados e información estadística complementaria.

# CAPITULO I.

## LA CONSTRUCCION Y VALIDACION DE LA CIENCIA

### ***1.1 La construcción y validación de la ciencia vista desde la sociología de la ciencia***

Sin negar la relevancia de la capacidad de innovación y el esfuerzo de los individuos, la producción y validación del conocimiento, más que el resultado del genio o creatividad de sujetos aislados, es el resultado de comunidades que están sujetas a presiones a varios niveles en la búsqueda por el posicionamiento dentro del campo disciplinario de referencia en que participan y poder llevar a cabo su quehacer científico. ¿Cuáles son los elementos de tensión que afrontan los investigadores para llevar a cabo su quehacer científico? ¿Qué tipo de situaciones atraviesan los investigadores para validar su quehacer científico y obtener el reconocimiento de sus aportes? Hipotéticamente considero que existen ámbitos de tensión en y entre los distintos niveles de agregación social en que participan uno interno, social disciplinario y otro social externo, en el contexto económico, político e institucional en el cual se lleva a cabo el quehacer científico. Estos pueden ser:

Ámbito interno disciplinario:

- Al interior de los colectivos, por estar en el lugar adecuado y poseer los elementos cognitivos e instrumentales para estar en la frontera del conocimiento. Esto es, las tensiones internas de conformación y acción de un grupo para llevar a cabo el desarrollo de la actividad científica.
- A nivel intergrupar: por alcanzar el reconocimiento de los pares disciplinarios y contribuir con los conocimientos que generan al avance del campo. Con esto me refiero a las tensiones generadas entre los colectivos por la prioridad del descubrimiento, la visibilidad y validación de su quehacer científico por los pares disciplinarios. Constatar que los hallazgos generados están en el camino correcto y poder, en consecuencia, contar con el garante de la propiedad intelectual.

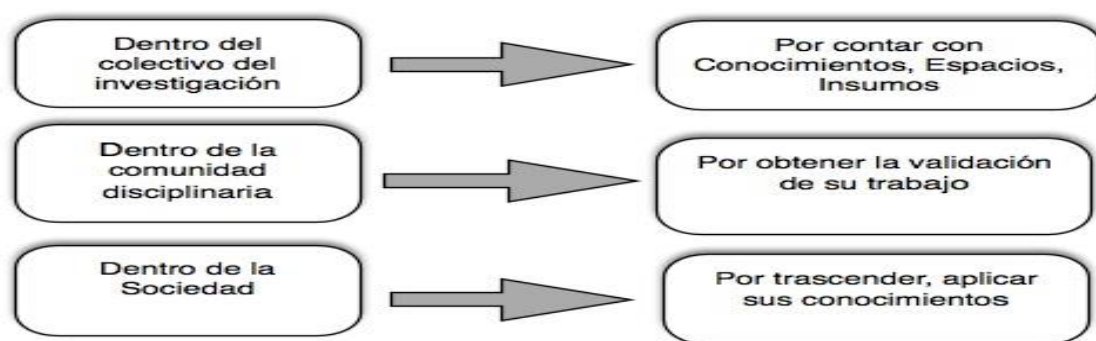
Ámbito Externo: contextos con distintos niveles de inmediatez

- A nivel social externo, porque su trabajo científico trascienda, sea visible fuera del ámbito disciplinario y logre el reconocimiento de los actores externos a la disciplina (científicos de otras áreas, actores políticos, económicos o sociales), a fin de obtener

insumos y espacios para continuar con el trabajo iniciado, obtener una posición en el sistema de premios y recompensas, ser considerados especialistas en la materia; y lograr, en su caso, que los conocimientos generados tengan aplicabilidad dentro de su campo o en otras áreas disciplinarias, o bien que los hallazgos generados contribuyan a la solución de problemas concretos. De esta manera, con el reconocimiento del quehacer científico, avalado por los colegas y legitimado por actores externos por el valor pragmático y social del quehacer científico se llega al estadio de la tarea cumplida.

Esto es, el conocimiento de la ciencia nace como respuesta a una necesidad social y tiene a su vez una función social. De manera gráfica estos tres ámbitos quedarían representados en el siguiente esquema:

*Diagrama 1.1 Espacios de conflicto en la realización del Quehacer Científico*



Fuente: Elaboración propia.

Pero la búsqueda de cada individuo y colectivo por posicionarse dentro de un campo conlleva tensiones que se juegan no solamente dentro de cada ámbito sino también en el paso de un nivel a otro. ¿A qué me refiero con esto?

Por ejemplo, en el primero, disciplinario, hago alusión a la tensión que existe entre los investigadores por poseer los conocimientos necesarios para desarrollar su trabajo científico: saberes cognitivos, saberes prácticos (competencias) y capacidades de interacción social. Es decir, estar en los espacios físicos donde se produce la ciencia y contar con los elementos necesarios para desarrollar el conocimiento y difundir los resultados.

Al hablar del espacio físico me refiero a la organización donde se afilian como estudiantes o como investigadores (en sus trayectorias formativas o profesionales) que proveen los insumos, salarios, instrumentos, políticas de desarrollo, sin los cuales los factores cognitivos no podrían desarrollarse plenamente, ni ser visibles. En este caso me refiero a las universidades, laboratorios o instituciones, como espacios organizacionales de socialización,



donde se lleva a cabo la producción del conocimiento. Cada uno de ellos bajo reglas de funcionamiento particulares, que establecen objetivos de desarrollo más allá de la disciplina y, por lo tanto, regulan la conducta e interacción de sus integrantes.

En el segundo nivel, hago referencia a las reglas y formas de evaluación que existen entre los colectivos de investigación y las comunidades disciplinarias de referencia para validar el trabajo científico. En este espacio se encuentran, no solamente, las reglas de pares establecidas para la dictaminación del trabajo científico, sino también los intereses de los grupos localizados en distintas organizaciones y países por posicionar, a su vez, sus resultados dentro de la comunidad disciplinaria, nacional e internacional.

Un tercer nivel de análisis sería el contexto regional o nacional donde se desarrolla el quehacer científico. En este plano me refiero, a los científicos de otras áreas, a los actores políticos, económicos o sociales. En cuyo caso, por ejemplo, resultaría beneficioso la aplicación de los conocimientos generados trans-disciplinariamente, el papel de las políticas científicas para el desarrollo y la visibilidad de ciertas áreas disciplinarias, la aceptación de los conocimientos generados en el mercado científico; o bien, la concordancia de las líneas de investigación de ciertas áreas disciplinarias con las demandas que tienen las asociaciones civiles para jerarquizar el valor del quehacer científico. En estos grupos o actores externos, todos ellos con intereses y necesidades distintas, los científicos podrían encontrar tanto a los aliados como a los oponentes que validarán y apoyarán el desarrollo de su quehacer.

En la presente investigación el interés central es mostrar la complejidad que existe hoy en día en la construcción del conocimiento y el posicionamiento de los colectivos a nivel nacional e internacional, descomponiéndola analíticamente en tres ejes: los espacios de formación de los investigadores, que se traducen en los lugares donde realizaron sus estudios de habilitación para la investigación (principalmente el doctorado), las organizaciones donde trabajan los investigadores y en tercer lugar: las redes de colaboración, para observarlos desde la perspectiva de aceptación y legitimación que obtiene su quehacer dentro y fuera de las comunidades de referencia.

### ***1.2. El concepto de legitimación y poder en la Ciencia***

Para hablar sobre el tema de la legitimación de la ciencia, los conflictos o acuerdos y la colaboración entre grupos e individuos participantes en su construcción recurro a los trabajos de Max Weber y Pierre Bourdieu; precisamente porque estos autores han

analizado el tema del poder y las diferentes maneras de acceder a él, discusión necesaria para explicar los procesos de consolidación y la jerarquización de los colectivos de investigación.

El aporte de Weber a la discusión del tema que me interesa tiene que ver con la relación que establece este autor, entre las dimensiones del poder, status-legitimación, con la relación subjetiva de reconocimiento de la posición del otro, que subyace entre el sujeto dominante y el dominado. De Bourdieu me interesa retomar el concepto de “campo”,<sup>4</sup> entendido como una arena de lucha donde los individuos – o los colectivos- buscan ser considerados como referentes en un campo por medio de la acumulación de capitales, principalmente el relativo al capital simbólico.<sup>5</sup>

Esto con el fin de entender las tensiones a que se enfrentan los investigadores para posicionarse dentro del ámbito científico.

De acuerdo con Weber (1984) toda sociedad o asociación es un entramado donde los actos de los individuos tienen, a través de la interacción social, la intención de ejercer el poder sobre el otro. En principio, dentro de la acción de dominación coexisten dos voluntades una de ejercer el poder y la otra por acatarlo. De acuerdo con Weber en su libro de *Economía y Sociedad* (1981) existen tres tipos ideales de dominación que implican formas de otorgar poder y prestigio a un individuo o a una asociación: la tradicional, la carismática y la legal racional.

El primer tipo ideal de dominación se refiere a la dominación tradicional o histórica, que se construye a través del tiempo y que implica la aceptación de la legitimidad de la autoridad por costumbres profundamente arraigadas. En este caso las oportunidades que tienen los individuos para posicionarse dentro de un campo, la dominación tradicional representaría la estructura para la reproducción de modelos de jerarquización entre los grupos. Por ejemplo el hecho de la filiación a ciertos espacios de formación o adscripción reconocidos

---

<sup>4</sup>Entendemos como campo al espacio social de acción y de influencia en el que confluyen relaciones sociales determinadas. Estas relaciones quedan definidas por la posesión o producción de una forma específica de capital propia del campo en cuestión. De acuerdo con Bourdieu (1999, 2000) dentro de cada campo la posición dominante o dominada de los participantes depende de las reglas específicas del mismo y de la acumulación de capitales; los cuales pueden ser de distinto orden: social, económico, político, simbólico, por ejemplo.

<sup>5</sup> Uno de los efectos de las luchas que se realizan al interior de un campo es la obtención de la legitimidad, es decir el reconocimiento por parte de todos los miembros de que los dominantes poseen los bienes que determinan su dominio en el campo, lo cual les permite, a su vez establecer esquemas para su reproducción. Hasta que otros grupos en competencia, dotados de capital de distinto origen o composición redefinan las normas del campo en su propio beneficio.

tradicionalmente, como referentes en el campo científico, serían suficientes como elementos de prestigio de los investigadores.<sup>6</sup>

Por su parte, la dominación de carácter carismático, descansa en la entrega extracotidiana del poder, en el heroísmo o la ejemplaridad de una persona en situaciones críticas, donde la dominación tradicional entra en crisis. En ocasiones el entusiasmo de las masas sirve como respaldo político a este tipo de dominación. En este caso, el valor carismático constituye una autoridad temporal que sirve para posicionar un nuevo líder, pero también representa, a juicio de Nicolás Fleet (2009) *un gatillo* privilegiado para las transformaciones sociales, por que resuelven las crisis de legitimidad mediante la búsqueda de los intereses materiales o ideales de las masas.

La dominación legal-racional emerge a partir de la crisis de legitimidad de las sociedades tradicionales, cuando la tradición es insuficiente para hacer frente a los intereses de los grupos sociales emergentes por acceder a esquemas más amplios de representación y participación. Este tipo de dominación refleja una transformación política de la sociedad porque incluye el consenso y la adopción de reglas para normar los espacios de poder. En el caso del ámbito científico las reglas establecidas por los comités de dictaminación de pares son un ejemplo de ello.

En todos los casos, desde la perspectiva del sujeto dominante: el “*poder significa la probabilidad de imponer la propia voluntad, dentro de una relación social, aún en contra de toda resistencia*” (Weber, 1984: 43). Según Weber la distribución del poder en los órdenes económico, social y político, depende de dos factores: 1) de la posición de los individuos en función de su estratificación y 2) de las *cualidades de los individuos*. ¿A qué me refiero con esto?

La estratificación es el resultado de un proceso de diferenciación de las posiciones disponibles en función de la valoración social de los rasgos, saberes, habilidades y responsabilidades que se asocian al desempeño de cada una de ellas. En las sociedades modernas, más que heredar la posición de los antecesores, la ocupación de dichas posiciones obedece a un proceso de selección social. Esta selección se refiere a la lucha que siempre existe entre los individuos por sobrevivir dentro de un grupo y está relacionada con las posesiones o carencias de distinto tipo: económicas, sociales o de

---

<sup>6</sup> Con este ejemplo hago alusión al concepto del *eterno ayer* de Weber, propuesto por Weber para hablar de la aceptación de la legitimidad como una costumbre de larga data. Una costumbre, en la que, en muchas ocasiones, no se recuerda el origen, pero que se respeta como tal. En este tipo de legitimidad se integran prejuicios, soluciones prácticas, experiencias positivas del pasado, etc. Este tipo de legitimidad aparece en las sociedades patriarcales o en los regímenes monárquicos no constitucionales, Weber (1984).

influencia y poder político. Estos se refieren, en términos de Weber a: clase, estamentos y partidos.<sup>7</sup>

Por ejemplo en el escenario de las economías de mercado o en las que se considera éste como forma de optimización del uso de los recursos; los individuos o los grupos luchan de manera racional por obtener legitimidad y poder posicionarse favorablemente. Esto es, adquirir una posición de poder sobre los otros; la selección social favorecerá a aquellos individuos ó grupos que cuenten con mayores posesiones o cualidades como: a) posesión de bienes (en la esfera económica), b) por el prestigio de las posiciones ocupadas o medallas obtenidas (puestos dentro del sistema de evaluaciones, grados académicos, etc.); c) por las cualidades del individuo: como inteligencia, talento, capacidad creadora, astucia (como en la noción de liderazgo carismático); o el poder y responsabilidad, aparejado a la ocupación de posiciones políticas (como en el caso de los partidos). En cuyo caso la estratificación estará relacionada, no sólo con la clase social que indica la disposición de capital económico, sino por la desigualdad en la posesión de los bienes y atributos socialmente valorados que tienen los individuos y los grupos dentro del mercado científico. En palabras de Weber:

*La selección social significa, por lo pronto, tan sólo que determinados tipos de conducta y, eventualmente, de cualidades personales, tienen más probabilidades de entrar en una determinada relación social y ser triunfadores.”* (Weber, 1984: 31-32).

En la misma línea que Weber, pero bajo metáforas distintas, Pierre Bourdieu, retoma el tema del poder y el acceso a él mediante la teoría de los campos y la acumulación de capitales. Al igual que Weber, para Bourdieu los individuos, dentro de una sociedad, desarrollan estrategias para obtener bienes, servicios y posiciones a los que Bourdieu caracteriza con la metáfora de *capital*. Como para Weber, en la teoría de Bourdieu no

---

<sup>7</sup>La Clase se refiere al conjunto de individuos que se agrupan de manera racional en busca de un objetivo compartido y que se encuentran en igualdad de circunstancias en cuanto a la posesión o carencia de los bienes. Tomando como marco de competitividad el *Mercado Científico* - entendido por esto el espacio en donde se adjudica un valor a los saberes, a las posiciones y a las cualidades de los individuos- esto sería equiparable a la capacidad que tiene un grupo o un colectivo de capitalizar los conocimientos y competencias acumulados y posicionarse favorablemente en el mercado. El Estamento se refiere al poder social. Este puede derivar de factores como: profesión, educación, religión o raza que les asigna un valor de honor reconocido socialmente. Por Partido se entiende la agrupación caracterizada por la posición política que tienen los individuos dentro y fuera de la comunidad. La característica principal de los partidos reside en que para alcanzar el poder, buscan ejercer sobre las acciones comunitarias, conquistar la dirección de la asociación en la cual se desarrollan o influir en otros espacios. El poder político, al igual que el poder social, puede ser consecuencia de cualidades no racionales de los individuos, es decir, de cualidades diferentes de las que determinan el poder económico. Sin embargo, hay un tipo de estratificación política que refleja una distribución del poder en función de la racionalidad de las conductas (competencia, eficacia, idoneidad en base a un contexto dado).

existe únicamente el capital económico, sino también otros recursos de los cuáles el individuo se ha apropiado y utiliza para poder posicionarse favorablemente dentro de una esfera particular de asociación (llamada por Bourdieu campos). La diferencia en la acumulación y valorización de los capitales de los que disponen los individuos y los grupos serán los factores que decidirán el lugar que ocuparán dentro de la sociedad (Bourdieu, 1999).

Este autor distingue diversos tipos de capital: el *económico*, el *cultural*, el *social* y el *político* (recursos basados en las conexiones sociales y la pertenencia del individuo, por nacimiento, adscripción o confluencia de intereses a diversos grupos). Cuando el valor de todos los capitales es percibido por los integrantes de la sociedad como legítimos, esta confluencia de capitales se convierte en capital *simbólico*, también conocido como prestigio. Así, en función del monto y tipos de capital acumulado, podrán beneficiarse de las ventajas (o encontrarse en desventaja) en los diferentes campos (mercados o arenas de conflicto) en que participan (Bourdieu, 1999).

De manera más puntual, en el texto del *Homo academicus* Bourdieu(2000), muestra que el campo científico se caracteriza por una lucha de intereses por legitimar prácticas (adopción de perspectivas analíticas y/o métodos de investigación, por ejemplo), que irían desde privilegiar y reproducir las teorías dominantes a la búsqueda de establecer los límites de la ciencia “oficial” y cómo trascenderlos (Bourdieu, 2000:20). En este proceso, resulta fundamental ganar adeptos a través del establecimiento de reglas de admisión, permanencia y reconocimiento para los miembros dentro de un determinado campo.

Por ejemplo, en el caso del posicionamiento de los investigadores consolidados y los recién llegados se establecen conflictos, Bourdieu afirma que la lucha en el campo científico genera una distinción entre dominantes y dominados. Por un lado, los dominantes controlan el capital científico y desarrollan estrategias de conservación y reproducción para perpetuar el orden científico establecido a través de la sucesión, mientras que *los recién llegados desarrollan estrategias de subversión para desplazar a los detentores del monopolio de la legitimidad científica* por el acceso y la acumulación de capitales (Bourdieu, 2000:34-35).

Al igual que en Weber (1981,1984), la idea de poder en Bourdieu (2000, 2001) está asociada a los elementos con los que cuenta el individuo –o un colectivo- para posicionarse dentro de un grupo o un campo. En ambos, también subyace la idea de lo adquirido y lo susceptible de ser generado por el individuo. Esto es, el peso que tiene la estructura, la herencia, el capital cultural frente a la voluntad, decisión y acción del sujeto

por alcanzar visibilidad, prestigio y reconocimiento dentro de un grupo. Ámbito de la eterna discusión entre la estructura y la acción del actor emprendida por Michel Crozier y Erhard Friedberg (1990), sobre los márgenes de acción del individuo dentro de la sociedad. Ahora bien ¿Cuál será el peso de la legitimidad histórica y cuál es el peso de la búsqueda de construir nuevos referentes de legitimidad en la emergencia de un área disciplinaria nueva, en la visibilidad de los colectivos de investigación o los individuos que se dedican al quehacer científico? ¿Qué tanto la visibilidad y la dominación de un paradigma o de un grupo logra oponerse a lo ya conocido?

Para abordar este tema hablaré, en la siguiente sección, sobre las teorías de la construcción de la ciencia. En el caso particular de la construcción de la ciencia retomo a Thomas Kuhn por la reflexión sobre el surgimiento de nuevas líneas de investigación o áreas disciplinarias y el peso que tienen en ello los grupos en la aceptación y legitimación de los nuevos paradigma. De igual manera retomo los trabajos de Merton(1977), Weick (1976), Latour (1995) y Knorr Cetina (2005) para entender los espacios de tensión entre lo científico y lo social en el quehacer de producción y difusión del conocimiento producido y finalmente, exploro el cambio en las dinámicas de construcción y validación de la ciencia en contextos contemporáneos a partir de la revisión de los trabajos de Michael Gibbons (1997).

### 1.3. La dominación se construye: Teorías sobre la construcción de la ciencia

¿Cuál es el objetivo del quehacer científico? La producción del conocimiento como una manera para entender el mundo, solucionar los problemas de orden social, predecir y controlar los fenómenos naturales y sociales, o la necesidad de trascender de los individuos y de los grupos. Esta discusión, ha sido largamente replanteada desde varias perspectivas dentro de la sociología de la ciencia, develando poco a poco el peso de lo social y de lo cognitivo.

En la sucesión de teorías sobre la producción del conocimiento se observan tres grandes inflexiones o momentos. El primero, cuando se considera el quehacer científico como una actividad neutral-racional y al avance científico como un ejercicio de comprobación y reflexión colectiva, para verificar si los postulados generados hasta entonces son suficientes para explicar el fenómeno en estudio; o si es necesario suplantarlos por otros que resulten, aunque sea temporalmente, más convincentes. El trabajo de referencia de este tema es el de Popper: *La lógica de la investigación científica* (1967).

El segundo momento, inicia cuando se empieza a observar la producción del conocimiento desde fuera, como un producto social, sin tocar ni cuestionar las metodologías del quehacer científico, observando el entorno en el cual se lleva a cabo, viendo la interrelación entre el espacio científico y el contexto. Estas miradas dieron como resultado el nacimiento de una nueva rama de la sociología: la sociología de la ciencia. Los primeros trabajos que se conocen al respecto se remiten a Karl Mannheim, con su libro *Ideología y Utopía* (1939). De acuerdo con este autor, existe una correlación entre la construcción del conocimiento y la estructura de la sociedad en la cual éste se produce. Otro de los investigadores fundadores de esta corriente es Robert Merton. El interés fundamental de Merton al estudiar el quehacer científico es entender las dinámicas socio-organizativas y éticas implicadas en los procesos de generación y validación del conocimiento científico. Merton ve a la ciencia como una institución autónoma, donde existen actores con posiciones asimétricas, espacios de lucha por el reconocimiento dentro y fuera de la academia y un sistema de valores que *regulan* el comportamiento de los científicos en el manejo de los hallazgos. En su libro *La sociología de la ciencia*, Merton (1977) apuesta a que el desarrollo científico se lleva a cabo gracias al cumplimiento de una serie de principios éticos que la comunidad científica debe seguir. Estos son:

a) El universalismo: el cual se refiere al hecho de que la verdad debe de existir como principio básico en la ciencia y por lo tanto todos los hallazgos deben de someterse a los criterios de validez preestablecidos. b) El desinterés: el cual se refiere a que el objetivo de la ciencia es su función social y no particular. c) El comunitarismo: se refiere a que los logros de la ciencia son logros de y para la comunidad humana y por lo tanto, es propiedad común de todos los seres humanos. d) El escepticismo: todos los resultados son susceptibles de ser revisados por la ciencia misma.

El tercer momento inicia en 1977, cuando el avance científico es observado como un entramado de relaciones sociales en el cual los grupos de investigación luchan por posicionar a sus integrantes, a sus colectivos y a sus paradigmas como válidos. Entre los trabajos iniciales de esta línea de discusión encontramos los de Kuhn, cuyas nociones de ciencia normal y revolución científica constituyen un parteaguas, pues cuestionan profundamente la concepción de la producción de la ciencia como una actividad neutra y plenamente apoyada en sus métodos racionales. En esta etapa, al igual que los planteamientos de Bourdieu, se observa la construcción de la ciencia como un territorio de luchas por posicionar teorías, grupos e individuos dentro del campo científico.

En 1977, los trabajos de Kuhn fueron reveladores para su tiempo, su libro *La estructura de las revoluciones científicas*, muestra de qué manera, a través del tiempo, el avance de la ciencia ha estado ligado a una sucesión de paradigmas que los colectivos en competencia logran posicionar como válidos. Los trabajos de Kuhn aportaron la clave para entender que, en el terreno de la ciencia, la dominación se construye a través del posicionamiento de los paradigmas, en competencia. ¿Cómo?

Kuhn, considera un paradigma como: las realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica. Los paradigmas son macro-teorías que se aceptan como explicaciones generales dentro de la comunidad científica y a partir de las cuales se realiza la investigación. A este estadio de la producción del conocimiento se le conoce como: Ciencia Normal.

Sin embargo, cuando un paradigma no logra resolver todos los problemas y estos persisten a lo largo del tiempo, su validez es cuestionada por los científicos y se produce una crisis explicativa. En consecuencia aparecen nuevos paradigmas, propuestos por colectivos de investigación. En un primer momento estos paradigmas en competencia, son tentativos, hasta que uno de ellos logra imponerse como el más adecuado.

Después de esta etapa de crisis, dice Kuhn, los acuerdos consensuados por la colectividad sobre la factibilidad del nuevo paradigma, se llega de nuevo al establecimiento de una ciencia normal, hasta que una nueva irregularidad abre espacios para que los investigadores postulen un nuevo paradigma. Desde esta perspectiva la ciencia avanza por los elementos que poseen los colectivos al posicionar su paradigma como pertinente.

A diferencia de Popper, Kuhn muestra que la ciencia no es solamente un contraste neutral entre las teorías y el referente empírico, sino que hay diálogo, un debate, y también tensiones y luchas entre los defensores de los distintos paradigmas por posicionar el propio como dominante. También, Kuhn muestra que los científicos no son seres totalmente racionales, con códigos de ética volcados en el desarrollo de la ciencia, sino que su filiación con ciertos grupos y paradigmas, les impide ser objetivos al momento de observar otros puntos de vista como válidos. En los casos extremos, afirma Kuhn, hay ocasiones en que un paradigma alternativo triunfa no porque consiga convencer a sus oponentes; sino porque los representantes del paradigma más antiguo se van diezmado o falleciendo.

A este respecto las publicaciones de Bourdieu van más allá que Kuhn, pues para Bourdieu, el campo científico mismo es una arena de conflicto, donde los científicos llevan a cabo



*luchas de poder o intereses, alianzas, rupturas, negociaciones* (Bourdieu, 2000:12) por posicionar sus teorías, su manera de hacer ciencia y ubicarse ellos mismos dentro y fuera del campo. Cabe mencionar que este tema también fue abordado, anteriormente, por Emanuel Kant en el texto: *El conflicto de las facultades* (2012); donde muestra la arena de conflicto dentro del ámbito académico (entre pares para hacer avanzar el conocimiento) y entre las diferentes facultades o especializaciones del conocimiento por adquirir una posición favorable política y económicamente dentro de la organización universitaria.

A diferencia de Weber (2005), que entiende que una comunidad busca agruparse en función de valores e intereses de grupo (no siempre políticos o económicos) y de Kuhn, que sostiene que el cambio de paradigmas remite a una lucha entre pares en competencia, para Bourdieu, el escenario es contrapuesto. De acuerdo con Bourdieu, en el campo de la producción y aplicación del conocimiento no existe una racionalidad puramente neutral ó científica que no esconda tras de sí, una estrategia política por ubicar a los científicos y a sus hallazgos por encima de sus pares-competidores (Bourdieu, 2000:18) y obtener márgenes amplios de poder y autonomía para llevar a cabo su labor en la ciencia. Lo que marca ya una diferenciación de posturas entre estos autores entre *vivir de* y *vivir para*.

En el caso de Weber (2006) la tarea del hombre de ciencia se basa en un apego a la construcción del conocimiento como una vocación de servicio, donde el científico vive para la ciencia. Para Bourdieu, el quehacer científico es un medio para alcanzar otros objetivos. Posteriores a los trabajos de Kuhn, y a la reflexión generada, los estudios sobre sociología de la ciencia dieron un paso adelante, por ejemplo se encuentran trabajos que: 1) traspasaron los muros de los laboratorios y realizaron estudios etnológicos, como los trabajos de Latour, 1995; Knorr-Cetina, 2005; Lomnitz y Fortes, 1992. 2) Realizaron estudios sobre las relaciones sociales y el posicionamiento de los académicos dentro de las universidades como los trabajos de Tierney y Bensimon (1996). 3) Observaron el quehacer científico desde la óptica de los colegios invisibles de Crane (1972), para dar cuenta de que al interior de los laboratorios, de las universidades y fuera de ellas, las relaciones que establecen los científicos en su quehacer cotidiano siguen las mismas reglas de comportamiento que cualquier relación social. En estas relaciones hay consenso y disenso, acatamiento de reglas de las organizaciones, jerarquías entre los científicos, priorización externa en la distribución de recursos y, sobre todo, una vocación compartida que va más allá de los esquemas reduccionistas de intereses económicos sobre el desarrollo de la ciencia.

Otro elemento a considerar en la construcción del conocimiento en contextos contemporáneos y que atañe directamente al concepto de legitimación de mi objeto de estudio son precisamente los estudios realizados por Gibbons (1997) en relación al cambio en las dinámicas de la producción del conocimiento y que tienen que ver con las formas de producción del conocimiento y el contexto de aplicación o uso que se hace de ella.

De acuerdo con este autor, los cambios generados luego de la Segunda Guerra Mundial imprimieron nuevas formas en la producción del conocimiento por el interés (científico) de avanzar en el conocimiento y de atender a intereses de orden político, económico y social.

Este cambio en la forma de producción, conocido como paso del Modo 1 al Modo 2, se refiere al paso de un énfasis en la investigación teórica y fundamental hacia la búsqueda de aplicabilidad de los resultados de la actividad científica. Si en el Modo 1 la producción está caracterizada por el trabajo especializado unidisciplinario, donde la aplicabilidad del conocimiento no es el fin obligado; en el caso del Modo 2, la relación entre diversos campos para la solución de un problema y la articulación de los resultados de investigación a la solución de problemas de diversas instancias o actores en la sociedad (su aplicabilidad) serían rasgos distintivos de esta transformación. Otros rasgos, además del carácter transdisciplinario y la aplicabilidad, serían la flexibilidad en términos de organización y participantes, la heterogeneidad de los proyectos emprendidos y la búsqueda de financiamiento externo para la investigación.

En el Modo 2 la flexibilidad y la atención a los cambios generados en las formas de organización e intervención de los actores en la producción del conocimiento representan retos para los participantes, tensiones entre la intención de solucionar un problema y deseo de reconocimiento a los colectivos para mantenerse en la frontera de la ciencia. En términos de trabajo colegiado, los grupos de investigación del Modo 2, se apoyan en las redes de colaboración entre pares, a veces temporales y de diversas instituciones, para llevar a cabo su trabajo de investigación y, en todos los casos, el establecimiento de redes –con agentes externos a la ciencia- para la materialización del quehacer científico.

Estas características están particularmente presentes en campos disciplinarios de reciente creación como la Biotecnología, que desde su origen constituye la fusión de varias áreas disciplinarias, lo que lleva a los investigadores participantes a convertirse en expertos en la búsqueda de financiamiento, pues como afirma Gibbons (1997): la falta de fondos repercute directamente en su trabajo científico y, por ende, en el posicionamiento del campo para poder llevar a cabo el quehacer científico. Como lo mencionó una de la investigadoras mexicanas residente en Estados Unidos, país donde la instrumentación de

políticas de reducción de financiamiento federal a las universidades se remonta a los años 80's (Didou, 2000).

*Aquí, a diferencia de México, el tutor le paga a cada estudiante. A todos los estudiantes que uno tiene, de maestría de doctorado de postdoctorado uno tiene que pagarles su salario. Entonces es algo angustiante en ese sentido. Si no tienes dinero, no tienes estudiantes, no puedes hacer investigación y si está paralizado tu laboratorio entonces la evaluación va a ser consecuentemente muy mala. Como los recursos federales se reducen cada vez más. No puede uno sobrevivir, tiene uno que estar buscando constantemente financiamiento externo (INV.F,MEX,UUI.C.2.MEX).<sup>8</sup>*

Al igual que Knorr Cetina (1982), Gibbons (1997) señala que en el trabajo de los científicos las relaciones con los pares y con los financiadores de la ciencia son piezas clave en la construcción, la legitimación y la reproducción de la misma. Por lo que, muchas veces como dice Kreimer (2005), los proyectos de investigación se diseñan en función de los proveedores de los recursos económicos; lo que representa nuevas tensiones en el quehacer científico. Como lo afirma uno de los investigadores mexicanos residente en Estados Unidos:

*Cuando entré aquí, el dinero era de la universidad. Después ya no me dieron nada. Tuve que buscar subsidio federal y de las empresas privadas; eso fue lo más lucrativo. Durante muchos años tuve un contrato con una industria americana, y eso me dio mucho dinero, les cobraba para hacer lo que ellos querían y me sobraba para hacer varias cosas relacionados con mi tema. El dinero que he ganado ha sido para mantener a mi laboratorio, pagar el salario de los alumnos y mi salario como asesor, con las consultorías triplico mi salario y llevo a cabo proyectos de investigación con aplicación práctica en la industria. Al final todos ganamos la universidad, la industria y yo mismo. (INV.M.MEX.UUI.C.2.MEX).*

Como ejemplo de lo anterior, se muestra en la gráfica siguiente el porcentaje de apoyo que ofrece el sector gubernamental y privado para el desarrollo de la investigación de tipo experimental y aplicada en detrimento de la investigación básica en México, en la década de 2000 y 2009. Esta tendencia muestra un interés sustantivo, por parte de los financiadores, en aquella investigación susceptible de ser aplicada y/o ofrecer productos utilizables en el corto plazo.

---

<sup>8</sup> Como se verá en el capítulo tres las aportaciones de los investigadores entrevistados, por ser este el acuerdo de confidencialidad acordada, serán referidos a partir de una codificación en función de 9 elementos: 1) Status (Investigador). 2) Género (masculino o femenino). 3) Nacionalidad (MEX, FRA, JAP, etc.). 4) Institución de adscripción. 5) Corte temporal en el cual realizó sus estudios de doctorado (Antes de 1984: C. Entre 1985-1996: B. De 1997 a 2012: A). 6) Grado de consolidación dentro de la institución (nivel de SNI por ejemplo). 7) País de obtención del diploma de doctorado. Y en los casos donde existen rasgos comunes 8) Realización de postdoctorado y 9) Institución Privada de formación doctoral.

Gráfica 1.1 Distribución del GIDE por tipo de actividad 2000-2009



Fuente Foro Consultivo 2012. Series históricas

[www.foroconsultivo.org.mx/documentos/.../series\\_historicas.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/.../series_historicas.pdf)

Frente a lo planteado hasta el momento sobre las diferentes teorías de la construcción de la ciencia, cabe preguntarse sobre la manera que se entretienen la dimensión cognitiva y el deseo de prioridad en el descubrimiento (trascendencia individual o colectiva) en la construcción del conocimiento y consolidación de la ciencia como valor social en las sociedades actuales. Es decir, cómo se resuelve en distintos momentos y/o espacios organizacionales la tensión entre el deseo de saber (la producción del conocimiento como un fin en sí mismo) y la necesidad de trascender o ser reconocido para acceder al mundo de las recompensas y los reconocimientos.

Si los trabajos de la primera generación de investigadores de la Sociología de la Ciencia estudiaban la construcción del conocimiento desde los factores externos que influyen en el quehacer científico, y los investigadores (etnólogos, sociólogos) desmitificaron el recinto del quehacer científico; ahora sería pertinente ver la construcción de la ciencia simultáneamente desde diversas miradas: los efectos de la interacción entre generaciones, la pertinencia del conocimiento generado en función de las problemáticas de la sociedad y las condiciones con que cuentan las instituciones y grupos de investigación para llevar a cabo su quehacer científico; poniendo al menos entre paréntesis que los resultados dependen fundamentalmente de la capacidad o mérito (herencia o mérito).

A este respecto retomo a Crane (1972) para observar la posible relación entre el prestigio del asesor y/o la institución de formación como investigador, los espacios donde los investigadores realizan su labor científica y las formas en las cuales se reproduce. Esto con el fin de observar, a nivel más fino, cuáles podrían ser los factores que han influido, en

cada una de estas etapas, en la validación del quehacer científico y en la legitimación de los hombres de ciencia, dentro y fuera del ámbito académico.

Sería pertinente observar si la validación de la ciencia estaría basada en las cualidades del conocimiento producido, en contraposición con las posibles ventajas del prestigio diferencial de los sujetos con quien interactúa, las organizaciones en que fue aceptado para llevar a cabo sus estudios, etc. Es decir, el contagio de prestigio, incluyendo también como elemento importante las condiciones materiales y organizacionales en que ocurre el proceso de generación de nuevos saberes; teoría desarrollada por Popper (1967); o si los grados de reconocimiento alcanzados por ciertos grupos, depende de factores relacionados con cuestiones políticas, sociales o económicas que luchan por imponer su mirada como legítima (Weber, 1984; Kuhn, 1977; Bourdieu, 2000).

Entendiéndose como validación epistemológica al acto de reconocimiento que hacen los pares disciplinarios con base en los acuerdos establecidos sobre los hallazgos generados, y que, a nivel de las representaciones sociales, están asociados a las distinciones y premios. Como por ejemplo, los reconocimientos, las distinciones, los títulos, las menciones honoríficas, los premios, los reconocimientos al mérito académico, las promociones en el escalafón, el salario, las becas; o bien a distinciones de tipo científico-administrativo como son: líder de grupo o proyecto, puestos de gestión o de dictaminación. En cuanto al término de legitimación externa lo entiendo como el reconocimiento social que se le otorga al individuo y a su labor por agentes externos al campo. Esta distinción puede estar asociada con reconocimientos (como especialista de la materia, por ejemplo), aporte financiero para la realización del quehacer científico, apertura de espacios para la difusión y aplicación del conocimiento generado, y no siempre estar asociado al reconocimiento de los pares disciplinarios. En este último caso, como se verá más adelante el valor y la pertinencia que se le adjudica al trabajo científico podrá estar relacionada con el sistema de valores (utilitarios) que imperan en un momento dado en una sociedad y en ciertos sectores (sociales, políticos o económicos) en la toma de decisiones.

#### ***1.4. La construcción y validación del quehacer científico entre financiamiento y contextos organizacionales diferenciados***

Si bien es cierto que el quehacer científico depende de los investigadores, no hay que olvidar que éstos se encuentran insertos dentro de un contexto, en un momento dado y dentro de espacios físicos, con insumos, reglas de funcionamiento y de incentivos para

llevar a cabo su trabajo. En el caso de México esto se lleva a cabo en las universidades y los institutos de investigación. Al igual que los investigadores, las universidades y centros de investigación también se encuentran dentro de un contexto dado, ceñidos a su vez por requerimientos de diferente orden. Esto es, por factores externos a la ciencia como políticas de financiamiento, lógicas de mercado, problemas de orden global, y que, constituyen factores importantes en la generación y validación del quehacer científico. ¿De qué manera pueden influir los factores contextuales en la construcción de la ciencia, en la priorización de ciertas disciplinas, en el desarrollo de ciertos temas?

#### **1.4.1 Las organizaciones y la generación de conocimiento**

El modelo de las universidades como espacios de docencia y difusión del conocimiento provienen de la Europa Medieval. La universidad de Bolonia en 1088, la universidad de Paris en 1208, son algunos ejemplos donde alrededor de un profesor se reunían grupos de estudiantes a escuchar la cátedra del maestro. Los egresados de estas universidades se desempeñaban en tres campos principalmente: Teología, Derecho o Medicina.

La inclusión de la investigación dentro de las nuevas áreas del conocimiento en las universidades inició a partir del siglo XVIII, cuando el descubrimiento del Nuevo Mundo, los nuevos modos de producción industrial y la separación de las universidades de los grupos eclesiásticos otorgó mayor autonomía a la circulación de las ideas.

Los estudios sobre la emergencia de las disciplinas dentro de las universidades, sobre la manera en cómo una nueva mirada explicativa llega a formar parte de la currícula general, evoluciona y llega a construir espacios independientes con *tribus* disciplinarias bien definidas, ha sido tema de estudio de varios investigadores (Becher y Trowler, 2000).

Los trabajos realizados al respecto muestran que, en la emergencia de las disciplinas o los campos disciplinarios, coexisten fuerzas de varia índole: desde la evolución lógica del desarrollo de la ciencia y la ruptura disciplinaria (Kuhn, 1977), el papel de los grupos en consolidación (Chavoya, 2001), el vínculo de los grupos académicos con los sectores productivos (Clark, 1991), o la relación de políticas educativas locales con políticas de desarrollo internacional, como fue el caso de la institucionalización de la Química en México (Kleiche y Casas, 2008).

En todos los casos la emergencia de una disciplina tiene un origen social, es resultado de todo un proceso de desarrollo científico donde los hombres de ciencia tienen un papel fundamental, pero también pueden existir eventos o factores ajenos a la evolución del

conocimiento o la comunidad científica que favorezcan los procesos de institucionalización y reconocimiento de un individuo, un grupo, una disciplina o un campo disciplinario.<sup>9</sup> ¿Qué tanto pueden influir los actores y factores externos a la ciencia en la construcción y validación y jerarquización de un área disciplinaria?

De acuerdo con Andión (2002), en la reconstrucción histórica que hace sobre las universidades, en los Estados Unidos después de la Guerra Civil (1862-1865), el gobierno federal promovió la creación de universidades públicas con tareas específicas, para desarrollar investigación aplicada en las áreas de ingeniería mecánica y agricultura. La idea era utilizar a las universidades como piezas clave del desarrollo industrial del país, aprovechando los conocimientos generados por los especialistas para impulsarlo.

La estrategia que siguió el gobierno de los Estados Unidos para financiar los gastos generados por las universidades (salarios de profesores, equipo, inmuebles) fue la participación de todos los sectores sociales (empresas, iglesias, gobierno federal, gobiernos estatales, participación ciudadana)<sup>10</sup> y así poder dedicar los fondos del Estado para apoyar a las universidades estadounidenses y, más adelante, a los proyectos de investigación asociados a la carrera espacial y al desarrollo de armamento (Andión, 2002). Desde el punto de vista económico, estas estrategias le valieron a este país, para posicionarse favorablemente en estos ámbitos.

En México, las instituciones de educación superior son los espacios con mayor peso en la producción del conocimiento (Clark, 1991). En ellas además de formar a las nuevas generaciones, los investigadores llevan a cabo sus trayectorias profesionales, construyen sus redes y difunden sus hallazgos.

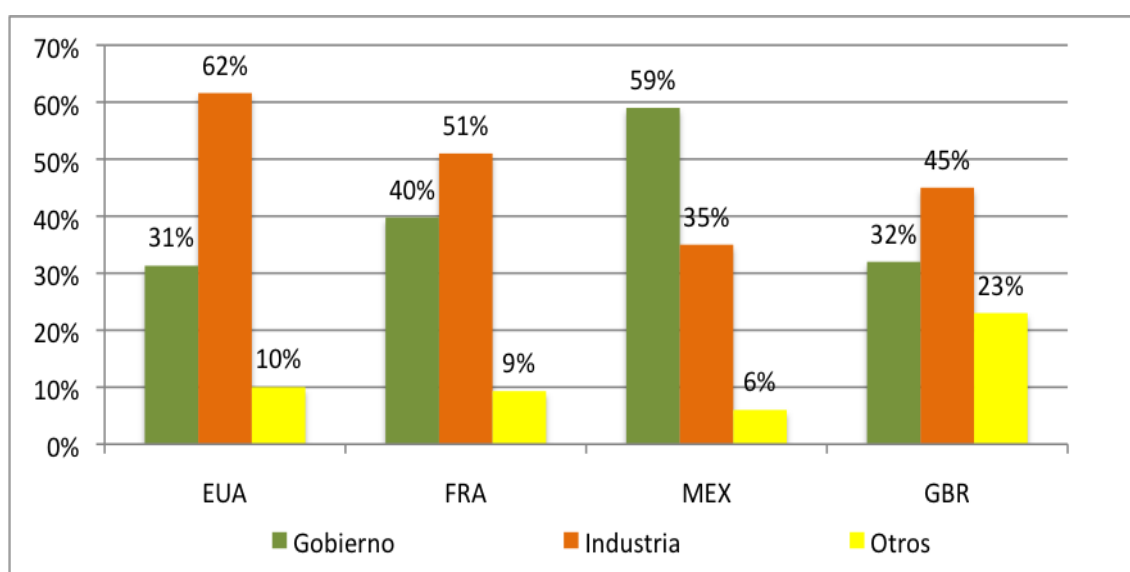
---

<sup>9</sup> Antes de cotinuar, es pertinente mencionar en relacion al objeto de estudio de esta tesis que la definición entre disciplinas y áreas de conocimiento han ido cambiando. De acuerdo con López Bonilla (2013) se sabe que, luego de los cambios en las dinámicas, aplicaciones y las relaciones entre los científicos, los límites de estos conceptos han cambiado. Las disciplinas académicas se establecen a lo largo de la historia y, una vez constituidas institucionalmente, se distinguen por tener un objeto particular de estudio y un bagaje de conocimientos especializados sobre ese objeto, con teorías y conceptos lenguajes y métodos definidos. A éstos rasgos se añaden la aceptación y pertenencia a una comunidad disciplinar que incluye reconocimiento de los pares por la apropiación de las reglas establecidas. También López Bonilla distingue entre un campo, una disciplina como formas de organizar el conocimiento académico. Mientras los campos son áreas menos integradas y más amplias que las disciplinas y agrupan varias de ellas; la disciplina, en cambio, a menudo está asociada con las facultades o departamentos universitarios, aunque en un mismo departamento coexistan visiones disciplinares a veces en conflicto. En el caso de la Biotecnología la remitiremos al concepto de campo, por la diversidad de disciplinas que confluyen en ella, la emergencia de técnicas y métodos de análisis y sobre todo al eje central que guía los trabajos de los biotecnólogos: la aplicación de conocimientos en un proyecto-eje (Gibbons, 1997).

<sup>10</sup> Para ver más sobre los Impuestos de los ciudadanos para el pago de las escuelas locales. [http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/community/school\\_district\\_personal\\_income\\_tax/13782/school\\_district\\_codes/587634](http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/community/school_district_personal_income_tax/13782/school_district_codes/587634).

Por el contrario, en los Estados Unidos, en el caso de México el 90% de la investigación científica se lleva a cabo en las instituciones de educación pública, cuyo financiamiento proviene del Estado. De manera indirecta, por el concurso en proyectos etiquetados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)<sup>11</sup> y de manera directa del presupuesto asignado por el Estado, en función del PIB. Presupuesto que, año con año debe de ser negociado por los rectores de las universidades ante las autoridades legislativas: Cámara de Diputados y Senadores (Mendoza-Rojas, 2010). Por lo cual, tanto la incertidumbre como los montos asignados forman parte del cotidiano en los espacios de generación del conocimiento.

*Gráfica 1.2. Fuentes de financiamiento por país en 2010*



Fuente Foro Consultivo 2012. Nota en el caso de Estados Unidos los porcentajes presentado corresponden a 2009.

En la gráfica anterior se observa que, a diferencia de los países más desarrollados -y destino de formación de los investigadores mexicanos (Gérard y Maldonado, 2009)- como Estados Unidos, Francia, Inglaterra; el mayor porcentaje para el desarrollo de la CyT proviene de la industria y no del sector privado como es el caso de México donde el 58.5% proviene del Estado, lo cual habla que en otras regiones del mundo existen otras lógicas de financiamiento.

<sup>11</sup> De acuerdo con el: *Estudio comparativo de las universidades mexicanas*, elaborado por la Dirección de Evaluación Institucional de la UNAM, se sabe que el 90 por ciento de la investigación se produce en entidades públicas: 70 en universidades federales y estatales y 20 en organismos descentralizados como los institutos nacionales de salud. En tanto que del 9.9% que se genera en el sector privado, y el resto en empresas, laboratorios médicos y otros (Marquez-Jimenez, Alejandro, 2010).



#### **1.4.2. El financiamiento y el quehacer científico**

¿Por qué me detengo a discutir sobre el tema del financiamiento que se asigna en los distintos países al desarrollo de la educación superior? Porque, son éstas las organizaciones donde se realiza principalmente la generación y aplicación de conocimiento en el país. Este elemento influye en el perfil de las organizaciones donde se lleva a cabo el quehacer científico.

De acuerdo con Clark (1991), los investigadores dentro de una organización educativa (universidad, instituto, laboratorio, por ejemplo) están sujetos a fuertes tensiones derivadas de lógicas distintas en los componentes: una disciplinaria y otra organizacional.

La primera es disciplinaria y se refiere a la relación que guardan los investigadores con las asociaciones disciplinarias, fuera de las fronteras de las universidades y que marcan los límites del conocimiento disponible, indicando los retos a superar en cada disciplina. A este tipo de filiación, Clark le atribuye el desarrollo del avance científico. En términos de Kuhn, este tipo de relación entre los miembros de una misma disciplina, equivaldría a la armonización de los paradigmas a seguir en cuanto a: objetos de estudio, teorías, metodologías, técnicas, formas de colaboración y producción del conocimiento.

El segundo componente de esta tensión se refiere a las reglas, explícitas o implícitas, propias de las organizaciones y que marcan: 1) las tareas que deben de realizar los científicos (docencia, investigación, difusión y gestión por ejemplo), 2) las formas en la toma de decisiones dentro de las universidades por ejemplo. En este último rubro, el origen del financiamiento llega a tener un papel importante en los márgenes de autonomía en una organización.

El financiamiento con el cual funcionan las universidades puede ser de varios tipos: 1) público, cuando proviene del Estado. 2) privado, cuando proviene de organismos o particulares; o 3) mixto, cuando el financiamiento de una organización tiene el concurso de los dos sectores, lo cual va a determinar el marco de autonomía de una institución (Grediaga, 2006; Gil, 1994). Otro eje de clasificación de las IES sería el tipo de organización y los mecanismos establecidos para la participación de los miembros de la organización en la toma de decisiones. Si consideramos la variabilidad de las mismas en este sentido, éstas puede ser: 1) horizontal, cuando las decisiones se toman de manera colegiada, 2) vertical, cuando existe una figura jerárquica o 3) mixta cuando coexisten los dos modelos anteriores (De Vries, 1998).

Bajo este modelo las organizaciones y las comunidades disciplinarias, Weick (1976) las concibe como una arena de tensión en la cual se lleva a cabo el quehacer científico: como un *sistema flojamente acoplado*: entre la disciplina y la organización.<sup>12</sup>

Este modelo de Burton Clark es cuestionado una vez que se modifican los criterios y formas de asignación de recursos a las universidades, vía procesos de evaluación y de acreditación se modificó a partir de los años 80's en Estados Unidos y Canadá (Didou, 2005), en México en los años 90's (Maldonado, 2008) y que dieron paso a nuevas formas de trabajo y nuevas orientaciones en la construcción de la ciencia.

A partir de la puesta en marcha de los procesos de acreditación, la relación del Estado benefactor cambio al Estado evaluador. En este cambio se incluyeron formas competitivas para la asignación de recursos en función de la rendición de cuentas de las instituciones y del desempeño de los investigadores.

En el caso de México y América Latina, investigadores como Ibarra (2002), Brunner (2007), Grediaga (2004, 2006), Didou y Remedi (2008), Álvarez (2005) y Kreimer, (2003), por ejemplo, empezaron a vislumbrar que el peso de las reglas impuestas a las universidades, por medio de las políticas de gobierno, estaba modificando el rumbo de las universidades y, en consecuencia, el de la producción científica.

De acuerdo con los estudios de Brunner (2007), sobre las universidades de Chile, los trabajos de Didou y Remedi (2008) sobre los científicos exitosos y los programas de financiamiento competitivo, los trabajos de Grediaga et. al. (2004, 2006) se sabe de los cambios en la profesión académica como una forma de respuesta o adaptación a la injerencia de criterios y actores externos. Los trabajos de Kreimer (2003), se han detenido a analizar sobre el peso que tienen el origen y las formas de distribución de recursos en las universidades sobre la orientación y resultados del quehacer científico. Aunado a los postulados de Clark (1991), esto muestra el impacto y peso de las reglas establecidas por las políticas de gobierno y el mercado, no solamente en los investigadores, sino también a las instituciones que los alojan.

Por ejemplo, si en un inicio para el ingreso a un puesto dentro de las Instituciones de educación Superior (IES) era suficiente el título de licenciatura (Gil,1994), hoy en día, el nivel doctorado, la publicación de artículos en revistas indexadas son algunos de los requisitos que se solicitan para postular por un puesto dentro de una IES.

---

<sup>12</sup> Con esta idea Weick, (1976) se refiere a las organizaciones que tienen objetivos y valores poco claros, inconsistentes y mal definidos, y cuya relación depende de la participación espontánea de sus miembros.

Los procesos de distribución de recursos a las universidades, vía las evaluaciones obtenidas por parte de las distintas agencias de acreditación, como lo señala Maldonado (2008) han modificado el entorno universitario a varios niveles. A nivel administrativo se han instaurado modelos de rendición de cuentas en función de indicadores numéricos del tipo: número de profesores, pertenencia SNI, número de alumnos, índice de ingreso-egreso. A nivel disciplinario, se han modificado tanto los planes y programas de las universidades, eliminado de la currícula aquellas materias que no son consideradas pertinentes. En el caso de los profesores - investigadores, éstos han modificado sus prácticas académicas en función de aquellas actividades que son más rentables, ya sea para acceder al sistema de promociones e incentivos, o bien para acceder a recursos extraordinarios y llevar a cabo su quehacer científico. El tema del financiamiento en la construcción de la ciencia, no es trivial, por varias razones:

- En primer lugar, porque los costos para llevar a cabo los proyectos de CyT, son cada vez mayores. Como afirma Kreimer (2007): no es lo mismo llevar a cabo procesos de investigación con instrumentos artesanales, como se hacía anteriormente, que con instrumentos de alta precisión para participar en los proyectos de *Big Science*, como es el caso de los microscopios electrónicos para el caso de la ciencia biológicas, reactores y otros en el caso de la física y la ingeniería.
- En segundo lugar, porque el financiamiento depende del tipo de institución en el que se está contratado, tanto en términos de acceso, como del manejo de recursos a nivel organizativo. También la oferta de programas de estudio, la definición de la currícula y los diferentes márgenes de autonomía que cada institución concede a los investigadores.
- En tercer lugar, porque la asignación presupuestaria puede influir en las formas de difundir el conocimiento y en la manera en cómo se llevan a cabo las redes de colaboración (Viniegra, 2001).

La suma de estos argumentos, que puede ser susceptible de incrementarse, me remite a la idea que planteo Merton (1977: 55-63) sobre el *efecto Mateo*; el cual dice que: *al que tiene, más le será dado, mientras al que tiene menos, lo poco que tiene le será quitado*. Situación que influye, no sólo en la jerarquización de las IES, sino también en los tiempos, la selección de los temas de investigación y las formas de hacer ciencia.

El tema del financiamiento de la educación superior ha sido tema de discusión de larga data y toca los linderos entre lo público y lo privado. ¿Quién debe de pagar la educación? ¿Los alumnos, el Estado, la sociedad civil, los empleadores potenciales?

El tema de quién debe de pagar por la educación ha sido largamente discutida, por sociólogos (López Zarate, 1996; Álvarez, 2005; Kent, 1997, 1998; Mendoza-Rojas, 2009, 2010, 2011; García Guadilla, 2004, 2005; por ejemplo), filósofos y economistas como los trabajos de Smith, 1779; Schultz, 1961 y en el caso de México por Ciro Murayama (1997, 2009) principalmente porque la educación a nivel superior y la producción del conocimiento constituyen un bien público pero también un servicio privado.

Por ejemplo, la postura del Adam Smith (1723-1790) economista y filósofo escocés del siglo XVIII; en su libro *La riqueza de las Naciones* publicado en 1779, las universidades y en general la educación son importantes para el conjunto de la sociedad, por lo cual las considera como un bien público. Por tal motivo propone que el principal financiador de la educación debe de ser el gobierno. Sin embargo, también sostiene que los usuarios directos de la educación, es decir los alumnos, deben de contribuir con el pago de la educación a través de la aportación de cuotas. En opinión del autor, de esta manera, se evitaría el estancamiento, las prácticas inerciales, se elevaría la calidad y, en consecuencia, tanto las universidades como los profesores entrarían en una dinámica de competencia por el mercado de los estudiantes-consumidores.

Bajo esta idea de Smith, sólo aquellos estudiantes con poder económico podrían acceder a las mejores escuelas y, en consecuencia, la educación de alto nivel serviría para reproducir a las élites en el poder (tema discutido por Althusser, 1978 y Marx, 2002).

Dos siglos más tarde, el economista Theodore W. Schultz (1961) a partir de los trabajos de Adam Smith desarrolló el concepto de *capital humano* (también utilizado por Bourdieu en 1976). Este término refiere a todas aquellas capacidades humanas, desarrolladas durante los procesos formativos, que pueden utilizarse de manera productiva y que, por lo tanto, poseen un valor de mercado intrínseco. Igualmente retoma el tema de las universidades como centros de mercado y propone medir, en base a algoritmos matemáticos el costo/benéfico que representa la educación.<sup>13</sup>

Bajo este tipo de perspectiva las universidades son vistas como casas de negocios donde se comercia con el conocimiento, los administradores gestionan la manera de obtener el

---

<sup>13</sup> El cálculo que hace Schutz se basa en la suma del costo directo de la educación recibida y la renta no ganada por el estudiante durante su proceso formativo y calcular así el rendimiento de la inversión como la retribución por el mercado laboral a la mayor educación de la persona durante su vida productiva.

mayor resultado posible de la inversión realizada y la evaluación de los productos se hace en función de su rentabilidad.

De acuerdo con esta postura económica sobre el financiamiento al sistema de Educación Superior (SES), el dilema entonces es, no son sólo los dineros, sino la transformación de las prácticas que se asocian al sesgo ideológico a favor del mercado como punto de salida y de llegada. ¿Cuáles son los riesgos a que se enfrenta el SES y qué influencia tiene esta postura dentro de la legitimación de la construcción de la ciencia?

Revisando la literatura destacaría algunos de los riesgos que implica el que la lógica de mercado haya ido permeando crecientemente el funcionamiento de las instituciones de educación.<sup>14</sup> Entre ellos se encuentran, por ejemplo:

- El riesgo que implica que los intereses de mercado – y no el Estado- determinen el rumbo del desarrollo de la educación y de la ciencia. A este respecto, los trabajos de García-Guadilla, (2004) cuestionan el trastrocamiento de los conceptos de público y privado, estatal y no gratuito en el SES. Pues existe la tendencia de que las Instituciones de Educación Superior (IES) públicas busquen el apoyo de las empresas para llevar a cabo sus tareas educativas y científicas y a su vez el sector privado se sirve de las instituciones públicas para funcionar; por lo cual el límite entre lo público y lo privado se vuelve cada vez más difuso.
- Los efectos de la competencia dentro de las universidades entre las diferentes disciplinas por la obtención de recursos extraordinarios. Esto puede dejar fuera del presupuesto a aquellas disciplinas que sus productos científicos no sean catalogados como directamente aplicables para la solución de problemas prácticos (como es el caso de la investigación básica o teórica, por ejemplo), o bien impedir que los tiempos para llevar a cabo los procesos de investigación sean de larga duración, lo cual se traduce en la publicación de los resultados que tienen un limitado alcance en cuanto a su contribución dentro de los campos de referencia, pues si no se produce cierto volumen anualmente se limitan las posibilidades de los investigadores y colectivos de participar en los sistemas de reconocimiento vigentes como: becas, estímulos, SNI, etc. (Gil, 2014).
- Las dinámicas de competencia entre las universidades por posicionarse dentro de los rankings internacionales dejando a un lado todas aquellas actividades que no

---

<sup>14</sup> A este respecto los trabajos de García-Guadilla (2004, 2005) sobre lo público y lo privado en la educación superior en América Latina, resultan reveladores para entender las tensiones generadas en el ámbito del SES luego de la introducción de dinámicas de competencia.

sean consideradas atractivas para cumplir con los estándares establecidos, como afirmaba el economista Veblen (1918:112) desde principios del siglo pasado.<sup>15</sup>

- El recorte o limitación de la autonomía universitaria en cuanto a las formas de distribución interna de recursos obtenidos, la definición de currícula y las formas de organización interna de las IES (Ibarra, 2002).

En el caso mexicano los trabajos de Murayama (1997, 2009) han mostrado que si bien la educación superior ha sido considerada como un bien público y por tanto se requiere que el gobierno participe en su financiamiento, también ha sido objeto de manipulaciones políticas. Si en un principio la asignación de recursos a las universidades se basaba en la decisión del poder Ejecutivo - el presidente en cuestión- a partir de 1997, entraron nuevos actores en la toma de decisiones: la Cámara de Diputados. Lo cual, en principio, ha permitido acotar la discrecionalidad y dar mayor transparencia a las negociaciones, pero también significó la aparición de nuevos factores aleatorios en la lucha de fuerza para la asignación de recursos disponibles. Elementos como la filiación política y los antecedentes respecto a la institución de formación de los actores, las coyunturas políticas, los períodos electorales, por ejemplo, han tenido un peso importante en los últimos tres quinquenios.

Lo anterior da como resultado que el monto del financiamiento destinado al SES y al desarrollo de la CyT pase a segundo término. Esto indudablemente se observa en el presupuesto que se asigna a estos rubros en México. En número duros vale la pena observar cuál ha sido el presupuesto que los países designan para el desarrollo de la CyT en comparación con México.

A este respecto, en la tabla siguiente se puede observar no solamente la posición desventajosa de México en comparación con los países europeos, sino también una inversión por debajo del promedio de los países de Latinoamérica.

---

<sup>15</sup> A este respecto, cabe mencionar que el establecimiento de los *ranking* o *league tables* como una práctica de jerarquización de las universidades, se inició en los Estados Unidos en 1983 y en el Reino Unido en 1990. Las primeras escuelas en utilizar esta técnica fueron las escuelas de Negocios como la *Business School*, Chicago School of economics. Los resultados de estos ranking fueron publicados en las revistas de alto prestigio en el medio económico: *Business Week*, *US News & World Report*, *Financial Times*, *The Economist* o el *Wall Street Journal*. De acuerdo con los estándares de medición de esas instituciones, el salario percibido por los ex alumnos de estas instituciones era considerado como una variable para explicar los resultados alcanzados (Albornoz, 2009).

Tabla 1.1 Presupuesto del PIB asignado al desarrollo de la Ciencia y la Tecnología 2010

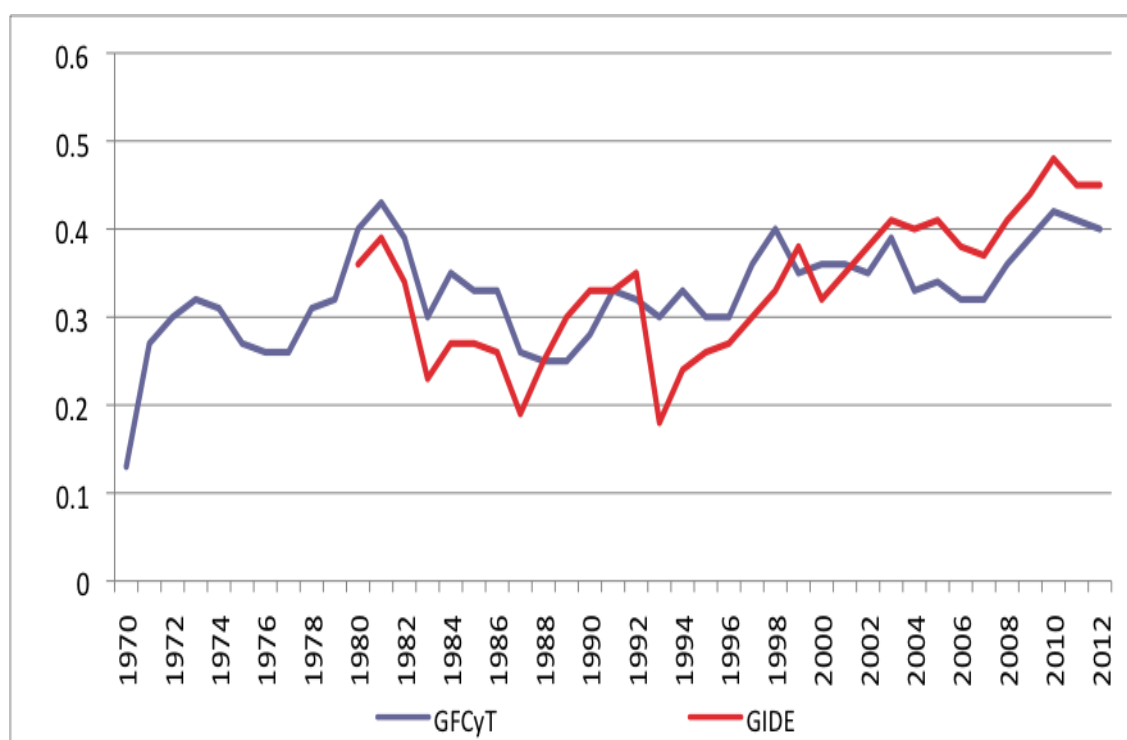
País	2010
Estados Unidos	2.90
Francia	2.25
Reino Unido	1.76
Alemania	2.82
España	1.38
Canadá	1.78
Brasil	1.24
Argentina	0.61
México	0.48

Fuente: Tomado de INEGI en enero de 2013, en el sitio:

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=19007>.

En el caso de México, el incremento porcentual de PIB hacia este sector no ha tenido una variación significativa. Esto se comprueba al comparar, por ejemplo, el porcentaje del PIB asignado a países como Estados Unidos que alcanzó en el último año 2.90%; Canadá, 1.74; Alemania, 2.82; España, 1.38 y Francia, 2.25 por ciento del PIB; en el caso particular de México, entre 1970 y 2012, el Gasto en Investigación y Desarrollo (GIDE), el Gasto Federal en CyT ha sido el siguiente:

Gráfica 1.3. Gasto Federal, GIDE como porcentaje del PIB 1970 a 2012



Fuente Tomado del Foro Consultivo 2012. Series históricas  
[www.foroconsultivo.org.mx/documentos/.../series\\_historicas.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/.../series_historicas.pdf)

En términos de millones de pesos y la proporción del PIB que se ha asignado al desarrollo de CyT por período quinquenal se traduce en lo siguiente:

Tabla1.2. Gasto federal para la Educación Superior por quinquenio y porcentaje del PIB 1970-2012.

Año	Millones de pesos constantes	% de crecimiento	% PIB
1970	S/D	S/D	0.13%
1975	S/D	S/D	0.27%
1980	30	13.15%	0.36%
1985	228.2	6.14%	0.27%
1990	3716.9	26.74%	0.30%
1995	13901.8	36.46%	0.26%
2000	40339.1	56.14%	0.22%
2005	71859.2	64.22%	0.41%
2010	111900.2	130.18%	0.48%
2012	85,958.19	87.20%	0.45%

Fuente: Tomado de Mendoza Rojas, 2011 y Foro Consultivo 2012, Series históricas.  
[www.foroconsultivo.org.mx/documentos/.../series\\_historicas.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/.../series_historicas.pdf)

A fin de ejemplificar la complejidad del tema de los recursos que se asigna a las IES, vale la pena retomar los trabajos de Mendoza-Rojas (2011) donde se analizan los procesos de cabildeo que llevan a cabo los rectores de las IES dentro de la Cámara de Diputados. De acuerdo con este investigador, dentro de la sala de debate de esta instancia legislativa se observa de manera más puntual la existencia de una estratificación en la distribución del presupuesto para cada universidad. La Tabla número 1.3 muestra las instituciones, con una gran tradición en el SES y que a excepción de la UAAA Narro, se encuentran ubicadas en la Ciudad de México, que fueron tratadas de manera diferencial en el ejercicio 2011.

De acuerdo Mendoza Rojas (2011), mientras que la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Colegio de México (COLMEX), el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) tuvieron incrementos inferiores o equivalentes a la inflación (entre 2.8 y 3.8%), la Universidad Autónoma Agrícola Antonio Narro (UAAA Narro) tuvo crecimiento porcentual real de 11.3%.



Tabla 1. 3. Tasa de crecimiento del Financiamiento otorgado a las IES. Ejercicio 2011.

Institución	2010a	2011 <sup>a</sup>	Diferencia nominal	Crecimiento porcentual real
UNAM	23,410.7	25,654.2	2,243.5	5.4%
UAM	4,244.1	4,485.9	241.8	1.6%
UPN	654.8	701.7	46.9	3.0%
IPN	10,068.5	10,868.2	799.7	3.8%
COLMEX	447.5	479.5	32.0	3.0%
CINVESTAV	1,773.8	1,896.7	122.9	2.8%
UAAA Narro	682.2	790.0	107.8	11.3%

En Millones de Pesos nominales.

Fuente: Tomado de Mendoza Rojas, J. (2011:143).

Otro aspecto interesante es el hecho de que, mientras que en todos los casos anteriores la asignación del presupuesto para el ejercicio 2011 se debatió abiertamente en el Congreso, la asignación de recursos al resto de las universidades, principalmente del interior de la República, no fue negociada en el pleno, sino que se presentó bajo el formato de votación “general”. Este hecho, no es trivial, pues un asunto como el desarrollo de la CyT se convierte en una arena de conflicto donde los intereses en juego tienen un carácter político, más que basarse en una lógica científica. Frente a estas condiciones donde las políticas y el financiamiento jerarquizan y determinan al quehacer científico. ¿Cómo se podría analizar la *construcción y validación de la ciencia en un país como México?*

### 1.5 Literatura sobre el tema

*El tema de la producción de la ciencia, ha sido reconocido como un tema de interés, por investigadores del ámbito de las ciencias sociales desde los años 70's, por la relación que existe entre la producción del conocimiento y la legitimación de la presencia de ciertos actores en la determinación de los problemas sociales que deben ser atendidos (Vessuri, 1994), en las relaciones de dependencia entre los centros monopólicos y los países periféricos (Herrera, 1971; Kreimer, 2007) y en la determinación de la pertinencia de las áreas disciplinarias, las líneas de investigación y las temáticas a tratar (OCDE, 1971).<sup>16</sup>* Esto sugiere que la construcción y la legitimación de la ciencia, no surge en espacios aislados sino que está inserta dentro de contextos particulares, que van desde la formación

<sup>16</sup> Ver. OECD, Higher Education to 2030, Volumen 2, Globalisation. Paris: Centre for Educational Research and Innovation – OECD.

de cuadros, los espacios donde se llevan a cabo estos procesos, las políticas que apoyan o no a ciertas disciplinas y, hoy en día, las instancias financiadoras del quehacer científico. A este respecto los trabajos realizados en el caso de México, sobre estos temas se pueden agrupar de la manera siguiente:

*a) Trayectorias de Formación:*

La formación de los científicos, ha sido estudiada desde varias perspectivas. Como procesos de internacionalización y ganancia para los colectivos de referencia (Remedí, 2009; Rodríguez, 2004). Como procesos de fuga de cerebros y pérdida de capital humano (Castaños-Lomnitz et al, 2004; Didou, 2004; Remedí, 2009). Como mecanismo de posicionamiento dentro de la élite científica (Didou y Gérard, 2009). Como espacios para el establecimiento de redes de colaboración (Gérard y Grediaga, 2009; Marmolejo, 2009). Como una manera para ubicar los polos de producción del conocimiento (Didou y Gérard, 2010; Grediaga y Maldonado, 2012; Gérard y Cornu 2013 a).

*b) Trayectorias Profesionales*

Dentro de este tema, se pueden agrupar varias líneas de investigación. Primero aquellos que hablan sobre las estrategias utilizadas por los científicos y las coyunturas políticas que han ayudado en la institucionalización de ciertas disciplinas en México, como es el caso de los Químicos (Kleiche y Casas, 2008) de los Astrónomos (Bartolucci, 2000), de los Físicos (Domínguez, 2013), de los Médicos (Rodríguez-Sala), de los Biólogos (Ledezma, 2013), por mencionar algunos.

En segundo lugar, respecto al papel de la conformación de los colectivos de investigación de larga tradición y su relación con sus pares en el extranjero, como los trabajos de Izquierdo (2009) para la UNAM y Gérard y Maldonado (2009) en el caso de la UAM; lo cual puede explicar los flujos de movilidad de las generaciones subsecuentes hacia ciertos países de formación.

En tercer lugar, el tema referente a los procesos de formación de los investigadores y la conformación del ethos disciplinarios, se pueden agrupar los trabajos de Lomnitz y Fortes (1992) sobre los alumnos de biomedicina de la UNAM; los trabajos de Hamui-Suton (2008) quien trabajó con un grupo de investigadores de ciencias sociales de la UNAM y Remedí (2010), sobre grupos de investigadores del CINVESTAV.

En cuarto lugar, un tema largamente estudiado, es el tema de la influencia de los cambios en las IES, luego de la implementación de las políticas de asignación de recursos. Dentro de este tema se encuentran trabajos como los de: Aboites (1997), Álvarez (1999, 2005), Canales (2009). Cazés, Ibarra y Porter (2000), Grediaga (1998), Didriksson et al. (2009),

Latapí (1994), Mendoza (1995), Mungaray (1997), Romo (2009) y Rondero (2005). Estos trabajos han mostrado que los cambios en la asignación de recursos, así como las características de las instituciones influyen en las trayectorias y desempeño de los investigadores. En lo relativo a los trabajos pioneros sobre el cambio a nivel de las organizaciones, se encuentran los trabajos de Acosta (1997), Kent (1998), De Vries (1998) y Álvarez (2004). Estos trabajos doctorales muestran como en diferentes espacios universitarios se empezaron a generar cambios dentro de las organizaciones educativas. Sobre este mismo tema pero, ahora a nivel de los cambios del SES en su conjunto se encuentran los trabajos de Martínez (2007) y Casalet (2007). Estas investigaciones van desde los cambios graduales de las universidades, a partir de la creación de la UNAM por ejemplo, hasta los cambios generados por los programas de evaluación de las IES. A este respecto la literatura más reciente es la de Arancibia (2013) sobre el tema de la descentralización de la educación desde el año 2000. Por último, quiero mencionar los trabajos de Casas (2004), sobre el papel que han tenido los científicos en la construcción de políticas en el área de CyT.

#### *c) Redes de Colaboración*

El tema de la redes de colaboración científica ha sido analizado desde varias perspectivas: desde el establecimiento de relaciones regionales (Marmolejo, 1998) como la caracterización de las redes de colaboración científica de los investigadores mexicanos con sus pares (Gérard y Grediaga, 2009). Y los trabajos que rastrean la construcción de las redes, desde los espacios de socialización hasta los resultados de estas alianzas entre individuos, colectivos e instituciones como los estudios de: Chavoya (2009), Gutiérrez (2009) y Lomnitz (2009).

Frente a esta discusión el aporte de este trabajo es analizar, de manera más puntual, los factores que han moldeado la construcción de la ciencia, que han legitimado a los actores que la producen y difunden, así como dar cuenta de los factores o actores externos que influyen en la validación del quehacer científico.

### **1.6 Hipótesis.**

La hipótesis de esta investigación sociológica parte de la idea de que: en el quehacer científico de un colectivo de investigación intervienen varios factores o actores que trascienden al ámbito meramente cognitivo, éstos pueden ser del orden social, económico o político que influyen en las formas en las cuales se genera, se transmite el conocimiento y se reproduce la comunidad científica.

A un nivel más amplio, también intuyo que dentro de la construcción de la ciencia, la validación del quehacer científico, y por lo tanto de los paradigmas aceptados se encuentran asociados a factores externos al ámbito científico, que pueden influir en la evolución de un área disciplinaria, se consolide y se reproduzca.

Como ya se mencionó en la sección anterior los ejes de análisis serán: las trayectorias de formación, las trayectorias profesionales y las redes de colaboración que tejen los investigadores para producir y transmitir sus conocimientos. Entendiendo por trayectorias formativas y profesionales a los recorridos que establecen los científicos para conformar su carrera científica. En los procesos de formación se analizará, lo relativo al tipo y orientación de los estudios, los conocimientos adquiridos, los hallazgos generados, la obtención del certificado de estudio en los distintos niveles, la relación que guarda la obtención del diploma con la fecha y lugar de formación en función de la posición en el campo. En cuanto a las trayectorias profesionales los espacios donde laboran los investigadores, las condiciones de contratación, fuentes de financiamiento, las características de los espacios organizacionales serán considerados al cruzar los datos con la producción científica, la formación de cuadros, la obtención de reconocimientos o premios, puestos de gestión, así como el establecimiento de redes.

El concepto de redes de colaboración científica, lo defino como los enlaces que se establecen entre individuos, colectivos, organizaciones, Estados-Nación o consorcios privados para producir, consolidar y difundir los hallazgos científicos.

En el caso de las redes con objetivos científicos del ámbito científico, éstas pueden favorecer la producción y reproducción del conocimiento. Por ejemplo, en la reproducción de paradigmas, en la formación de nuevos cuadros de investigadores, así como la publicación de artículos o la participación en proyectos de investigación; o bien, para posicionar a sus egresados dentro de puestos de trabajo significativos. Dentro de cada uno de estos ámbitos percibo una arena de conflicto, donde los investigadores luchan por procurarse los insumos, los conocimientos, el reconocimiento de su trabajo, dentro y fuera de la academia para poder continuar con su quehacer científico.

Diagrama 1.2. Hipótesis sobre los espacios de conflicto en la producción y validación del conocimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en el diagrama 1.2, la manera de observar estos tres ejes de análisis será a partir de los ámbitos de tensión en la construcción y validación del quehacer científico. Uno dentro de la disciplina que atañe a las relaciones sociales de colaboración o competencia entre pares disciplinarios; y otro en el contexto donde se lleva a cabo la labor científica, que se refiere a los vínculos que existen entre los hacedores de la ciencia con otros actores en un espacio y momento dado. A nivel hipotético considero que ambos campos son cambiantes y que, en ciertas ocasiones, pueden influirse unos a otros: dentro y fuera de la disciplina.

#### a) *Dentro de la Disciplina.*

De acuerdo con el esquema anterior: *el primer espacio (el ámbito disciplinario interno)*, está dividido en dos secciones, dentro del colectivo de investigación de pertenencia y los colectivos de pares disciplinarios-en- competencia.

En primer lugar se relaciona con los saberes y espacios en los cuales se llevan a cabo los procesos de generación y reproducción del conocimiento: las universidades, laboratorios. Esto es, los lugares donde se forman y trabajan los investigadores, se adquieren los conocimientos y se tejen las redes y relaciones entre investigadores. En este escenario la visibilidad de los hallazgos contribuye no solamente al desarrollo de la disciplina de adscripción, los diplomas obtenidos, sino también, los hallazgos generados que puedan impactar a diferentes disciplinas, en cuyo caso los marcos de validación son de tipo transdisciplinario.

En segundo lugar la relación que existe entre los pares en competencia y las formas aceptadas por llevar a cabo el quehacer científico. En este ámbito el valor de la construcción y la legitimación de los conocimientos generados estaría encuadrado a los procesos de dictaminación existentes dentro del área disciplinaria en cuanto a recorte, pertinencia, metodología, manejo de datos y aportes sustantivos dentro del campo. En este caso los ejercicios de dictaminación de los pares juzga la pertinencia de los hallazgos generados (a través de la publicación de los hallazgos en las revistas especializadas, por ejemplo).

#### *b) Fuera de la Disciplina*

A su vez el ámbito social externo, está conformado por tres espacios de tensión: económico, político y social. El ámbito económico tiene que ver con el valor de uso que se le adjudica a los saberes generados o potenciales de los investigadores en el mercado científico, así como los efectos que esto produce en el acceso a los bienes (en términos de Weber, 1984) a que tienen acceso ciertos colectivos para llevar a cabo el trabajo de investigación (becas, financiamiento externo, apoyo de la industria, por ejemplo). El ámbito político se relaciona al valor estratégico que tiene el desarrollo de ciertas áreas disciplinarias en los proyectos de desarrollo de los actores políticos. En este caso se podrían encuadrar tanto las políticas nacionales relacionadas con el desarrollo de la CyT en un área disciplinaria en particular, como las posiciones de poder que pueden tener los individuos (científicos) en la toma de decisiones. El ámbito social se refiere al valor que adquiere la generación de conocimientos en la solución de problemas de orden local ó global, por ejemplo; en cuyo caso los espacios de visibilidad y legitimación del quehacer científico estaría asociados a las demandas de los actores sociales.

En términos generales, la hipótesis de este trabajo, se sustenta en la idea de que en la validación y construcción del quehacer científico, el valor de uso (económico, político o social) que se le otorga a los productos generados por una área disciplinaria en el mercado científico podrá influir en la manera de hacer ciencia y en el establecimiento de lo que es válido en un momento y un contexto dado.

Con este acercamiento busco entrar en la polémica iniciada por Popper (1967) y Kuhn (1977), referente a si la construcción y consolidación de la ciencia y los grupos científicos que la desarrollan están ubicadas principalmente dentro del acto de producir el conocimiento científico (pertinencia, actualidad y creatividad en la definición del objeto, tipo de recorte, metodología e instrumentos empleados) (Popper, 1967); o si ésta depende en

mayor medida de los grados de reconocimiento alcanzado por ciertos grupos que luchan por imponer su mirada como legítima (Kuhn).

Reformulando esta segunda idea en términos del planteamiento de Bourdieu (2000) y Weber (1984), me interesa conocer si los dispositivos de legitimación del quehacer científico resultan de la interacción entre los participantes en cada campo, es decir, de la lógica de estructuración y dominación en el campo; lo cual podría explicar la acumulación de recursos, estatus y una posición ventajosa de los individuos/colectivos en función de la acumulación capitales (científico, cultural, simbólico).

O bien, conocer la posible existencia de diferentes parámetros de validación en función del tipo de la línea de investigación y el mercado científico. En cuyo caso la conexión entre la académica y los actores externos -que legitiman los productos científicos- no siempre es unívoca, sino que puedan coexistir espacios diferenciados de legitimación de la ciencia en función del valor de uso del científico y de los hallazgos generados. ¿Cómo observar estos elementos?

Una manera de operacionalizar los elementos planteados hasta el momento, para entender la importancia de polos de formación, espacios organizacionales y trayectoria profesional y las redes es distinguir en estos ámbitos el papel de la dimensión cognitiva, organizacional y social, así como plantear analíticamente cómo éstas pueden ser observadas en los procesos de formación, las condiciones materiales y organizacionales de la trayectoria profesional y el peso de las figuras e instituciones como capital adquirido, en el sentido de herencia y el de construcción del sujeto.

Tabla 1.4. Operacionalización del concepto de valor y legitimación del quehacer científico.

Ejes	Cognitivo	Social Interno	Social Externo
Trayectoria Formativa	Valor del conocimiento generado en el avance científico	Valor del conocimiento generado para el colectivo	Valor del conocimiento generado por la aplicación del conocimiento generado para el avance de otras disciplinas
Trayectoria Profesional		Ubicación de polos, figuras tutelares, condiciones y estrategias que hacen posible la producción y generación del conocimiento	Aplicación del conocimiento generado para responder a los intereses políticos, económicos y sociales de los grupos
Redes de colaboración			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla anterior la atribución de valor y legitimidad del conocimiento generado dentro de un primer plano estaría relacionado con el avance científico realizado por los individuos en sus trayectorias profesionales, formativas o redes de colaboración. En el segundo plano con el peso relativo que estos hallazgos representan científica y

políticamente para un colectivo de investigación. En el tercer lugar el carácter de legítimo de la ciencia otorgado por los actores externos al campo, estaría representado por el valor de uso que tienen estos conocimiento dentro de otras áreas disciplinarias -para alcanzar el ámbito de premios y distinciones- o en el mercado científico, en cuyo caso las oportunidades para continuar en esta dinámica estarán en relación directa con los espacios, estrategias e insumos que cuentan los investigadores para llevar a cabo su quehacer científico.

Frente a esta discusión el aporte de este trabajo es observar cuál es el peso relativo en la legitimación del quehacer científico: los conocimientos generados, los lugares de formación reconocidos como polos; el valor que esto le da a un colectivo de investigación para posicionarse; o bien, si la legitimación del quehacer científico depende de la utilización del conocimiento generado por actores externos al ámbito disciplinario.

Para este fin, en el siguiente capítulo se analiza la influencia de las políticas de gobierno que, como se vio en la gráfica 1.2, de él provienen los recursos para el desarrollo de la CyT en México. Esto con el fin de observar de qué manera las políticas científicas han influido en las trayectorias formativas, profesionales y las redes de los hacedores de la ciencia en México.



## **CAPITULO II. LAS POLITICAS PUBLICAS Y EL DESARROLLO DE LA CYT EN MEXICO: CAMINOS CRUZADOS**

### ***2.1. Políticas científicas y contextos internacionales***

El término de políticas nos remite al concepto de poder, entendido como la capacidad de incidir, de buscar la modificación de la conducta de los otros en la dirección deseada. Ya sea a nivel de los Estados –Nación, dentro de las propias entidades que los integran, o en los diferentes conglomerados (organizaciones de educación superior y/o de investigación) donde se agrupan los individuos, por ejemplo en la comunidad científica o disciplinaria.

Los trabajos de análisis de Aguilar Villanueva (1993) sobre las políticas públicas han mostrado tres cuestiones importantes inherentes al proceso de diseño y puesta en operación de las políticas públicas que:

- conlleva una lucha interna entre los actores por posicionar sus demandas dentro de la agenda de gobierno;
- pone en evidencia la naturaleza de los Estados, los espacios donde quieren incidir, las alianzas que establece con los diferentes sectores, ya sean nacionales o internacionales,
- implican administración y distribución de los bienes del Estado y, por lo tanto, el establecimiento de reglas y procedimientos a seguir.

De acuerdo con este autor, las políticas de Estado no siempre son explícitas, sino que frecuentemente son implícitas. Las políticas explícitas son aquellas que se publican como tal, mientras que las políticas implícitas son percibidas por la orientación que subyace en las acciones del gobierno.

Las políticas de CyT, como asunto de Estado se iniciaron a finales de los años 30's, cuando los tomadores de decisiones, de las grandes naciones, se plantearon la necesidad de servirse de los conocimientos producidos por los científicos para lograr los fines nacionales, fines políticos, económicos o utilitarios. Las políticas científicas, afirma Albornoz (1999), nacieron porque se vio en ellas una manera de atender los problemas de orden social, pero también como una manera de posicionarse dentro de un mundo, cada vez más globalizado, política y económicamente, donde el conocimiento y sus aplicaciones son concebidos como motor del desarrollo.

De acuerdo con los datos históricos, el origen de las políticas científicas como marco regulador del quehacer científico surge al calor de la Segunda Guerra mundial. Seis semanas después del inicio de la Segunda Guerra mundial, el 2 de octubre de 1936<sup>17</sup> se creó el Centro Nacional de Investigación Científica en Francia (CNRS). En 1939, el Presidente Roosevelt, en Estados Unidos, estableció el Proyecto Manhattan donde se agruparon científicos de alto nivel (particularmente físicos y químicos) para desarrollar proyectos vinculados con las actividades de defensa nacional, dando pie a la creación de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico que se convertiría en 1950 en la Fundación Nacional de la Investigación Científica (National Science Foundation, NSF por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos.

A partir de ese momento, el desarrollo científico dejó de ser un asunto puramente disciplinario y pasó a ser “fundamental para el desarrollo de un país”. En consecuencia, el apoyo a los centros de investigación, institutos y universidades, se fortaleció con el concurso de grandes laboratorios multinacionales (como el CERN en Suiza) y, en Estados Unidos, se estableció la primera agenda de temas prioritarios a desarrollar: Defensa, Sanidad, Agricultura y Energía (Etzinga y Jamison, 1996:105).

La urgencia por participar activamente en la carrera científica llevó a las naciones a crear dispositivos para fortalecer los centros de investigación y formación de recursos humanos de alto nivel. En el caso de los Estados Unidos, afirma Albornoz (1999), a partir de los años 30 se establecieron estrategias para la búsqueda de talentos, tanto civiles como militares retirados, se estableció un programa de becas y también se inició la promoción de los programas académicos en otras partes del mundo para atraer investigadores.

En el plano internacional la puesta en marcha del desarrollo de la CyT se puede observar mediante los datos reportados por organismos internacionales como el Banco Mundial, la OCDE o el BID. De acuerdo con estos organismos se sabe que el gasto promedio mundial dedicado para este rubro es de 2.21%. En el caso de los países con un gran avance en CyT, como Estados Unidos y Francia (polos de formación recurrentes para los investigadores mexicanos) existe una relación favorable entre el monto de inversión para el

---

<sup>17</sup> Le décret de création date du 19 octobre 1939, soit six semaines après le début de la Seconde Guerre mondiale. L'idée prévaut alors qu'un pays est fort quand il a une recherche forte. En temps de paix, elle permet la croissance; en temps de guerre, c'est une ressource à mobiliser. Il ne faut pourtant pas oublier qu'en France, les premières démarches pour structurer la recherche publique commencent dès 1901. Dans tous les cas, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) est une création gouvernementale. Son histoire est de facto unie à celle du politique, qui finance, décide de l'importance du recrutement, définit les grandes orientations de la recherche. Fecha de consulta, noviembre 2012 en el sitio <http://www2.cnrs.fr/journal/3019.htm>.

desarrollo de la CyT y los beneficios económicos que esto trae consigo. Por ejemplo, en el rubro del pago por el uso de la propiedad intelectual. Igualmente, se puede observar en la Tabla 2.1: que Alemania, con 228 investigadores más que Francia se encuentra en la delantera de los países europeos en el tema de solicitudes para patentar los hallazgos científicos.

Tabla 2.1 Indicadores de Ciencia y Tecnología a nivel Mundial 2010-2011.

País/Región	Investigadores de Tiempo Completo por Millón de habitantes	Promedio de Inversión del PIB	Tasas obtenida por el uso de propiedad intelectual en Millones \$ EUA	Pago por el uso de propiedad intelectual en Millones \$ EUA	Solicitudes de patentes Residentes
	2010	2010	2011	2011	2011
<b>Mundial</b>	1,271	2.21	240,080	241,561	1,264,981
Estados Unidos	4,673	2.9	120,836	34,789	247,750
Francia	3,751	2.25	16,127	11,041	14,655
Reino Unido	3,794	1.76	14,082	10,517	15,343
Alemania	3,979	2.82	14,784	13,146	46,986
España	2,922	1.38	1,065	2,886	3,430
Canadá	S/D	1.78	3,346	10,408	4,754
Brasil	704	1.24	591	3,301	2,705
Argentina	1,091	0.61	172	1,927	S/D
México	384	0.48	96	774	1,065

Fuente: Elaboración propia en base a la información reportada por el Banco Mundial (2013) Indicadores sobre Ciencia y Tecnología, actualización 16/04/2013  
<http://wdi.worldbank.org>. Consulta: Agosto 2013.

En el caso de las economías emergentes de América Latina, donde Brasil, Argentina y México, son punteros, se puede observar que Brasil designa una proporción del PIB tres veces mayor que México (1,24% Vs 0.40%).

En lo que concierne al número de investigadores de los países de América Latina y el Caribe, los países con mayor número de investigadores registrados por el Banco Mundial en 2009, se encuentran: Argentina con 1, 091, Brasil con 668 y México con 384 investigadores por millón de habitantes.

En el rubro de publicaciones científicas el porcentaje<sup>18</sup> de revistas que reportó el Banco Mundial para México, en el período 2008-2012, es un total del 4,128 artículos publicados. Lo cual muestra que, a pesar de tener un aporte menor en función del PIB en relación con Argentina, y también un número menor de investigadores: México se encuentra en

<sup>18</sup> Los datos sobre publicaciones se refieren a la serie de artículos científicos y de ingeniería publicados en Física, Biología, Química, Matemáticas, Medicina, Biomedicina, Ingeniería, y Ciencias de la tierra y el espacio. <http://datos.bancomundial.org/indicador/IP.JRN.ARTC.SC/countries/1W-A5-ZJ?display=graph>.

segundo lugar a nivel de la producción de artículos científicos registrados en América Latina y el Caribe:

Tabla 2.2 Número de publicaciones reportadas por el Banco Mundial en 2008-2012

País/ Región	Promedio de Inversión del PIB	Investigadores de Tiempo Completo por Millón de habitantes	Núm. de publicaciones
Estados Unidos	2.9	4,673	208.601
Francia	2.25	3,751	31,748
Reino Unido	1.76	3,794	45,649
Alemania	2.82	3,979	45,003
España	1.38	2,922	21,546
Canadá	1.78	S/D	29,017
Brasil	1.24	704	12, 306
México	0.61	1,091	4, 128
Argentina	0.48	384	3, 655
<b>Mundial</b>	<b>2.21</b>	<b>1,271</b>	<b>788 333</b>

Fuente: Elaboración propias en base a la información del Banco Mundial información estadística 2008-2012 en (Consulta: Agosto 2013).

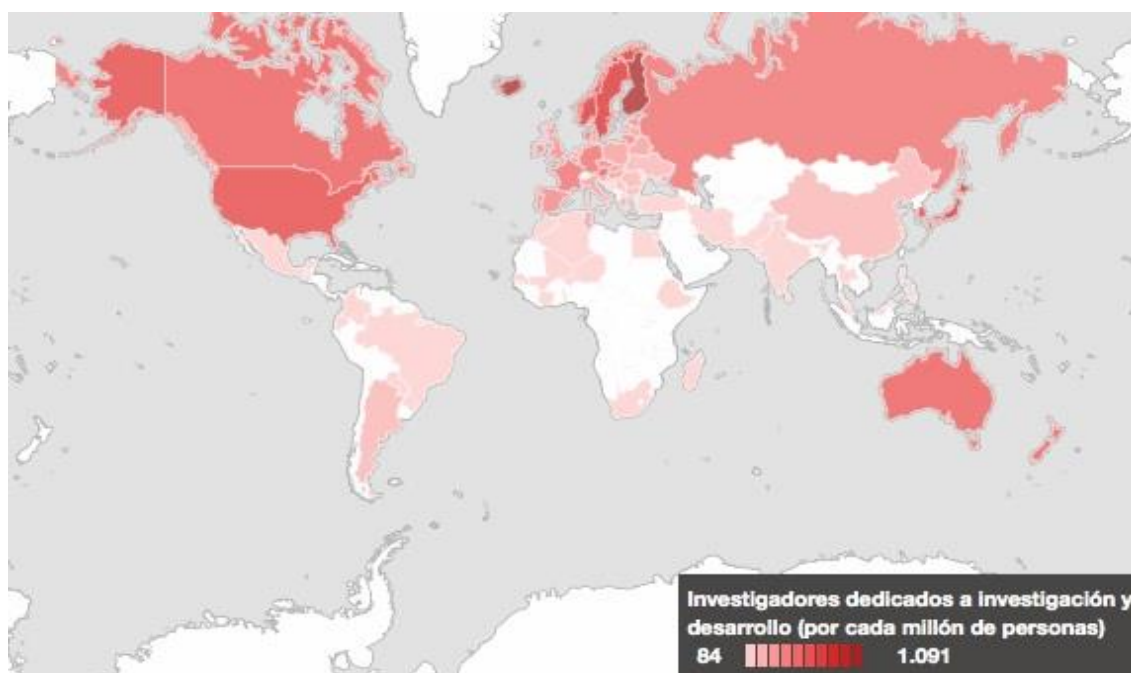
<http://datos.bancomundial.org/indicador/IP.JRN.ARTC.SC/countries/1W-XJ?display=default>.

En cuanto a los países que dedican un alto porcentaje del PIB al desarrollo de la CyT como Estados Unidos, Alemania, y Francia la relación entre el número de investigadores y la producción de artículos científicos, se puede observar que el porcentaje mayor de publicaciones se encuentra localizado en Estados Unidos, en una relación de 44.63 publicaciones promedio por número de investigadores, en Alemania de 11.31 y en el caso de Francia de 8.4 artículos por número de investigadores.

Con estas cifras se puede constatar que la correspondencia entre el input y el *output* en el tema de CyT no guarda una relación lineal en todos los casos. Tanto en los países desarrollados como en los países periféricos se pueden observar márgenes de diferenciación interesantes para el tema de la construcción de la ciencia.

Gráficamente, la información reportada por el Banco Mundial, en cuanto al número de publicaciones, concentración de investigadores de Tiempo Completo, los países donde la inversión del PIB en CyT es favorable, así como los beneficios generados en este ámbito es la siguiente:

*Mapa 2.1 Número de Investigadores dedicados a la investigación y al desarrollo de la CyT (por millón de habitantes) 2008-2012.*



Fuente: Banco Mundial información estadística 2008-2012 en <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SCIE.RD.P6/countries/1W?display=map>.

Tradicionalmente en América Latina la implementación de las políticas de CyT ha estado íntimamente vinculada con los Ministerios o Consejos Educativos. Dentro de las funciones de estos organismos se encuentran: la elaboración de políticas científicas, la planeación y financiamiento de los bienes del Estado para la realización de proyectos de investigación y para la formación de cuadros. En México, el diseño de políticas públicas y la emisión de sus regulaciones en el ámbito de CyT están a cargo del CONACYT, creado en 1970.

Como en muchos países, en México no todas las políticas científicas han sido explícitas, escritas o publicadas. Antes de la creación del CONACYT, la formación de cuadros y el desarrollo de la ciencia se llevaba a cabo fundamentalmente en las grandes escuelas, cuyos miembros en mayor o menor medida, estaban relacionados con pares disciplinarios en el extranjero.

La influencia de los investigadores mexicanos y extranjeros, formados en otras latitudes - como lo ha mostrado Isabel Izquierdo en el caso de la UNAM (2009), aunado a los apoyos financieros de fundaciones y de los ministerios de educación permitieron construir una masa crítica, aunque incipiente, que contribuiría a formar in situ a los primeros científicos mexicanos. Esta masa crítica se incrementó, cuando se creó el CONACYT en 1970, y muchos jóvenes estudiantes mexicanos realizaron sus estudios en el extranjero.

En base al análisis de Silvia Ortega, Elsa Blum y Giovanna Valenti (2001) sobre el número, monto de la inversión, duración y características de las becas que ha otorgado el CONACYT para la formación de cuadros desde su creación a principios de la década de los años setenta y hasta el año 2000, se sabe que:

- a. en las primeras tres décadas, el CONACYT otorgó 100,021 becas. De éstas, 508, en 1971 estaban destinadas para realizar estudios en programas diversos: estudios técnicos y de licenciatura, aprendizaje de idiomas, realización de tesis y estudios de maestría y, pocas veces, estudios de doctorado,
- b. el número de becas para salir al extranjero era mayor que las destinadas para realizar estudios en el país y que los filtros para otorgar las becas no eran siempre congruentes con el programa de desarrollo del país de destino (2001:51),
- c. después de un crecimiento sostenido del número de becas hasta 1981 (4,619); en 1982 se produce un desplome y sólo se dan 1,801 apoyos financieros para realizar estudios,
- d. también se sabe que el 70 % de los becarios eran hombres y que,
- e. en esta primera etapa del CONACYT existía la figura del becario *frecuente*. Esto es, en los años setenta, una misma persona podía beneficiarse de más de una beca. Esta práctica disminuyó en los años ochenta y aún más en los noventa, arrojando una relación de 1.13 becas por becario en promedio para las tres décadas. En números duros esto significa que de 100,000 becas se beneficiaron a unas 88,514 personas, de las cuales unas 79,000 recibieron una beca cada una, y alrededor de 10,000 personas recibieron dos becas y, en algunos casos, hasta tres.

En cuanto a los efectos de estos procesos de movilidad y el porcentaje de mexicanos que no regresaron al país después de haber concluido sus estudios, una encuesta sobre una muestra de 1596 ex becarios, aplicada en este estudio, revela una eficiencia terminal desigual. Mientras que aquellos que estudiaron entre 1990 a 1997 tuvieron una eficiencia terminal de 91%; en los primeros años (1971 a 1979), solamente el 44% terminó los estudios; y en la siguiente década (1981 a 1989) sólo el 42% lo consiguió. Algunas de las causas de este bajo rendimiento, aludidas por las autoras, puede adjudicarse a la interrupción o/y reducción de las becas para continuar con su formación durante la crisis de los 80's.

A decir del porcentaje de fuga de cerebros este estudio habla de una diáspora global del 5% (Ortega et al. 2001:162). Principalmente porque un gran porcentaje de los ex becarios regresaron a ocupar puestos en las universidades mexicanas (Ortega et al. 2001:128).

Este porcentaje también podría explicarse gracias a la puesta en marcha de estrategias para retener a los científicos como el SNI, dirigido a los científicos consolidados (Didou y Gérard, 2009), a estrategias para fortalecer el posgrado nacional (Grediaga et al, 2012) y a estrategias de repatriación (Castaños-Lomnitz, 2004).

Entre este vaivén de políticas de movilidad y retención de talentos, es posible distinguir dos grandes momentos: uno antes de la regulación del sistema que va desde la expansión del SES (a partir de los años 60's), hasta el momento en que el tema del desarrollo de la CyT empezó a ser parte de la agenda del Estado, esto es a partir de la década de los 70's.

Este capítulo trata de la influencia de las políticas científicas sobre las trayectorias formativas, trayectorias profesionales y las redes de colaboración de los miembros vigentes en la base 2012. En trabajos previos (Grediaga y Maldonado, 2010, 2012), se estableció una periodización en función de las inflexiones en las políticas y mecanismos de regulación de la actividad académica. En estos trabajos pudimos observar ciertos cambios estadísticamente significativos tanto en los polos de formación, como en la composición del sistema y la relación que guardan los científicos mexicanos con sus pares en otras latitudes.

En esta tesis consideré pertinente retomar la periodización empleada (infra) en esos trabajos para organizar las trayectorias formativas, trayectorias profesionales y las redes, porque entre los factores que he denominado como externos a la comunidad científica, las políticas públicas representan uno de los elementos explicativos de la evolución que se observa, la dirección es la resultante de la resolución de conflictos de intereses entre los agentes que participaron en su diseño y la puesta en marcha en un campo específico, en este caso el de la comunidad científica mexicana. Con la utilización de esta periodización se busca observar si existe alguna relación entre la implementación de políticas públicas y los caminos que ha seguido la construcción y validación del quehacer científico en México. El primer corte corresponde al momento previo a la creación del SNI en 1984. Esto es, desde la creación de las primeras IES, cuando no existía un rumbo definido para el desarrollo de la CyT, para conocer los lugares de formación y el contexto en el cual se llevaba a cabo el quehacer científico. En este primer corte temporal ubicamos a los *pioneros* de nuestra disciplina de estudio. El segundo período va de 1985 a 1996, momento en el cual los marcos referenciales del quehacer científico establecidos por el SNI empiezan a formar parte de los cambios estructurales del sistema, en este segundo corte temporal se encuentra el grupo denominado como *herederos*. La generación de recambio la hemos ubicado en el tercer período, corte temporal que abarcaría del

momento de creación del PROMEP: Programa de Mejoramiento del Profesorado en 1996 hasta 2012. El PROMEP es el mecanismo empleado por la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Superior (SESIC) para fortalecer la planta académica promoviendo que los profesores realizaran o culminaran sus estudios de posgrado (maestría y/o doctorado), y elevar así la calidad de los posgrados.

A mediados de este último período, por el efecto indirecto del PROMEP en la demanda de posgrados y la proliferación de programas de este nivel en el país, surge la necesidad de evaluar su pertinencia y calidad. Desde la década de los años noventa el CONACYT había iniciado un padrón de Excelencia en el que se registraba a los programas que tenían una calidad competitiva a nivel internacional. Con la intención de promover el posgrado nacional, a partir del inicio del nuevo siglo (2000), la SESIC impulsó un programa integral de fomento del posgrado (PIFOP). Poco tiempo después se agrupan CONACYT y SESIC para integrar el reconocimiento y la promoción del desarrollo del posgrado nacional a través del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

Como lo veremos más abajo, estos cambios han tenido impacto en la elección de los destinos de formación, modificando el peso de los polos de formación. Considero que la periodización permite observar y reconstruir la influencia y los vínculos que han establecido la comunidad científica nacional durante sus trayectorias formativas y profesionales, así como detectar el peso de éstos sobre aquellos investigadores que hoy en día constituyen la élite de la comunidad científica nacional.

## ***2.2 Las políticas científicas y las trayectorias formativas en el primer Período: previo a 1984***

Desde sus orígenes, la educación superior en México estuvo concentrada en las principales ciudades del país y su desarrollo ha estado fuertemente vinculado con las decisiones de los centros de poder estatal que manejan tanto la asignación presupuestarias como la expansión del sistema.

Si bien la fecha de fundación de la primera universidad en México se remite al año 1551, fecha en la cual se fundó la institución antecesora de la UNAM: Universidad Nacional de México (con el título original de Real y Pontificia Universidad de México), creada bajo el modelo de las universidades europeas (Teología, Medicina, Derecho y Artes Menores),<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Durante el Porfiriato los científicos mexicanos ya habían creado varias Instituciones como: el Observatorio Nacional (1863), el Museo de Historia Natural (1866), la Comisión Geográfica Exploradora (1877), la



se considera como fecha importante el año 1910 cuando, después de los procesos de inestabilidad política de la Revolución Mexicana, volvió a abrir sus puertas la UNAM. Esta vez, bajo el impulso de Justo Sierra, quien vio en este hecho una necesidad para apoyar:

*El desarrollo social y cultural de la población, entendiendo este desarrollo como la difusión de la visión científico- técnica del mundo,..., así como el fortalecimiento del aparato productivo, donde la educación fue pensada como una estrategia para la modernización de la economía* (Torre-Villar, 2000: 156).

Entre 1929 y 1933 ocurrieron dos eventos importantes para la educación superior. En 1929 la UNAM obtiene su categoría de *Autónoma*, lo cual significa libertad para determinar los cursos y disciplinas que considerara pertinentes para el desarrollo del conocimiento, desarrollar las investigaciones y la docencia bajo el principio de libertad de cátedra, la libertad para determinar los estatutos internos, así como el manejo de los recursos que le otorgaba el gobierno federal.<sup>20</sup> Más adelante, en 1933 la UNAM vivió en penuria. De acuerdo con Pérez-Tamayo, la negativa de las autoridades de la UNAM de no participar en las contiendas políticas y su solicitud de respeto a su autonomía, el gobierno efectivamente le otorgó la autonomía, pero también suspendió la entrega de recursos públicos, al menos hasta la aprobación de la nueva Ley orgánica en 1945. Este panorama empezó a cambiar a partir de 1970, primero por la presión del movimiento estudiantil de 1968 y después por la puesta en marcha de las políticas de desarrollo científico (Pérez- Tamayo 2005).

El Instituto Politécnico Nacional (IPN), otra de las instituciones públicas federales con mayor matrícula y tradición en el país, fue creado en 1936, durante el gobierno del Presidente Lázaro Cárdenas para ofrecer una alternativa tecnológica para el desarrollo del país. Cabe mencionar que las tareas de investigación no estaban contempladas en el inicio como actividades sustantivas del IPN, como lo comentó uno de los investigadores entrevistados formados en esa institución:

*Cuando yo estude en el Politécnico, en ciencias biológicas prácticamente no había facilidades de trabajo, no había dinero para trabajar, es más: había un reglamento en el cual estaba prohibido hacer investigaciones porque se suponía que el Politécnico era una*

---

Comisión de Geología (1866), el Instituto Médico Nacional (1888), el Instituto Geológico (1891), la Comisión de Parasitología Agrícola (1900). También antes de 1876 ya existían en México algunas sociedades científicas como: la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (1833), la Sociedad de Química (1849), la Sociedad Médica de México (1865), la Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales (1890). Más adelante, en 1942 se creó el Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos y en 1943 se fundó el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC), ambos en la UNAM. Todos ellos con una relación estrecha con el extranjero, principalmente con Europa (Pérez-Tamayo, 2005:287).

<sup>20</sup> En 1929 se expidió la Ley Orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), otorgándole su carácter autónomo, más adelante, en 1933 se reformó esa Ley, enfatizando el grado de autonomía pero al mismo tiempo, restringiendo el subsidio recibido hasta ese momento. SEP (2011). Historia de la SEP. México: <http://www.sep.gob.mx/es/sep1/sep1>.

*institución de educación superior que formaba técnicos no investigadores.*  
(INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.EUA.).

Menciono estas dos instituciones públicas, porque en ellas han trabajado investigadores nacionales y extranjeros, de ellas surgieron los primeros, institutos de investigación de alto nivel, como el CINVESTAV creado en 1961, y los institutos de investigación de la UNAM,<sup>21</sup> y de ellas egresaron los primeros investigadores mexicanos formados en el país.

Otra institución pública de larga data y que es considerada como referente en el campo disciplinario es la Universidad Autónoma de Chapingo (UACHap). La UACHap surgió de la Escuela Nacional de Agronomía (ENA), fundada en 1834 para atender el tema agrario. La UACHap, a su vez fue la base para la creación del centro de investigación referente en el tema del agro, conocido como COLPOS (Colegio de Posgraduados).

Bajo la idea de articular los diferentes sub sistemas de la educación dentro de la figura de una Secretaría de Estado, José Vasconcelos -en ese entonces rector de la UNAM- presentó a la Cámara de Diputados, en octubre de 1920, el *Proyecto de Ley para la creación de la SEP*. Este proyecto generó posturas encontradas por parte de los tomadores de decisiones; ya que consideraban que la creación de un organismo de esta magnitud implicaba hacer varias reformas constitucionales (reformas que se encuentran en el Artículo 73 Constitucional, fracción XXVII)<sup>22</sup> y además veían en ello el riesgo del fracaso, como había sucedido con su antecesora: la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes (Secretaría de Educación Pública, 2012).

No obstante esta querella, fue positiva para el proyecto de Vasconcelos, quien inició así la institucionalización de la educación en México con la creación de la Secretaría de Educación Pública (SEP) en 1921. Una vez firmado el acuerdo de la creación de la SEP, por el Presidente Álvaro Obregón, Vasconcelos llegó a presidir la nueva la Secretaría de Estado.

---

<sup>21</sup> Actualmente la UNAM cuenta con un total de 18 institutos de investigación: Instituto de Astronomía, Instituto de Biología, Instituto de Biotecnología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de ciencias Físicas, Instituto de Ciencias Nucleares, Instituto de Física, Instituto de Fisiología Celular, Instituto de Geofísica, Instituto de Geografía, Instituto de Geología, Instituto de Ingeniería, Instituto de Matemáticas Aplicadas y en sistemas, Instituto de investigaciones Biomédicas, Instituto de Investigaciones en Materiales, Instituto de Matemáticas, Instituto de Neurobiología, Instituto de Química, Instituto de Ecología.

<sup>22</sup> Esta Fracción del artículo 73 de la Constitución Mexicana menciona lo siguiente: Para establecer escuelas profesionales de investigación científica, de bellas artes, de enseñanza técnica, escuelas prácticas de agricultura, de artes y oficios, museos, bibliotecas, observatorios y demás institutos concernientes a la cultura superior general de los habitantes de la República, entre tanto dichos establecimientos puedan sostenerse por la iniciativa de los particulares, sin que esas facultades sean exclusivas de la Federación. Los títulos que se expidan por los establecimientos de que se trata surtirán sus efectos en toda la República.

Desde la década de 1940, los rectores de los institutos y las universidades de Educación Superior empezaron a reunirse no solamente para tratar temas colegiados sino también como una estrategia de sobrevivencia ante los cambios de las políticas sexenales y constituirse, con el tiempo, como un actor político en la toma de decisiones sobre el rumbo de la educación y los temas referentes a la administración del SES. De estas reuniones nace en 1950 un organismo de carácter nacional para atender los asuntos relativos al desarrollo del SES.<sup>23</sup> Esta asociación es conocida como ANUIES: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.<sup>24</sup>

A partir de la década de los sesenta, la educación superior empezó a vivir un proceso de expansión tanto en la cobertura como en la masificación de este servicio. De acuerdo con cifras presentadas por Gil (2010:422), en 1960, la matrícula a nivel superior era de 80,000 alumnos y era atendida por alrededor 10, 000 profesores, dentro de un total de alrededor de 60 Instituciones públicas y privadas. De éstas, las instituciones que han atendido el mayor número de alumnos a nivel licenciatura, entre 1960 y 2010, va del 67,5 % a un 70 % han sido las instituciones del sector público (Gil, 2010; Grediaga et al, 2012; Mendoza-Rojas, 2005). En tanto que, como señala Grediaga et al, (2012), en las últimas dos décadas, ya existe una paridad de atención a nivel posgrado por ambos sectores.

Durante la época de expansión acelerada de las IES, los puestos de trabajo para atender la matrícula de licenciatura (Gil, et. al., 1994, Grediaga, 2000 y Grediaga, Rodríguez y Padilla, 2004), estaba en pleno auge, principalmente por la creación de nuevos tipos institucionales en que predominó el nombramiento de profesores de tiempo completo. Este panorama se detiene en los años 80's debido a la crisis financiera y en los años 90's, se fue incrementando lentamente, esta vez con ofrecimientos de contratos desventajosos para los profesores. En lugar de contrataciones de tiempo completo se ofrecieron

---

<sup>23</sup> De acuerdo con la información histórica reportada por la ANUIES: el 25 de marzo de 1950 cuando se llevó a cabo la Primera Reunión Ordinaria de la Asamblea General, en la cual se constituyó la ANUIES. A este evento, realizado en la Universidad de Sonora, asistieron un total de 26 representantes a nivel nacional. Las instituciones fundadoras son las hoy universidades autónomas de Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Chihuahua, Durango, Estado de México, Estado de Morelos, Guerrero, Hidalgo, Querétaro, Nayarit, Oaxaca, Tabasco y Zacatecas, que en ese entonces eran Institutos Literarios, así como la hoy Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. También, en esa primera reunión participaron las universidades autónomas de Nuevo León, Puebla, Sinaloa y Yucatán que en esas fechas todavía no obtenían su autonomía, al igual que la Universidad Veracruzana y la Universidad de Guanajuato, por lo que en los primeros casos incluso su nombre era diferente. <http://u2000.com.mx/676/676anuies.html>. Consulta diciembre 2013.

<sup>24</sup> La ANUIES: ha ido evolucionando con el tiempo a medida que ha evolucionado también el SES. Por ejemplo, desde los años 70's la ANUIES es el mediador entre el gobierno federal y las IES en el tema del financiamiento, elabora la planeación de la educación superior, formula los planes de desarrollo nacional y participa en la creación de mecanismos de evaluación y seguimiento del SES por ejemplo (ANUIES, 2000).

contrataciones de tiempo parcial; además, también aumentaron el número de requisitos para ocupar las plazas.

*Yo estudié la maestría en CINVESTAV, y solamente con la maestría no era posible trabajar en un instituto de investigación. Sobre todo porque cuando yo hice la maestría se llevó a cabo ese cambio a nivel nacional de lo que un investigador debería tener en términos de conocimientos. Antes, los investigadores podían tener la maestría y ser contratados, pero precisamente cuando terminé la maestría se les pidió a los investigadores que tenían que tener el doctorado. Con la maestría que yo tenía sólo podía trabajar en preparatorias o como profesor de licenciatura en una plaza temporal. Entonces las condiciones no eran las adecuadas ni para trabajar ni para hacer investigación en el área que yo estaba (INV.M.MEX.CINVESTAV.A. 2 EUA).*

### **2.2.1. Cambios en el sistema de Educación Superior: creación del CONACYT y el SNI**

A partir de los años 70 's empezaron a vislumbrarse cambios significativos en la formulación de las políticas relativas al quehacer científico. Entre ellas: 1) La formación de cuadros y el apoyo a la investigación, con la creación del CONACYT en 1970. 2) La evaluación del SES por parte de la Secretaria de Educación Pública (SEP) y la ANUIES, y 3) la creación del SNI en 1984.

#### **a) El CONACYT y la formación de cuadros**

En el plano internacional, la propuesta de crear consejos de CyT surgió precisamente de organismos como la UNESCO y la OEA, durante los años 60's. Dada la importancia que tenía la investigación para el desarrollo de un país, estos organismos proponían que ésta debía ser entendida como un *sistema*, y ser administrada por una figura que tuviera un alto poder en la toma de decisiones.<sup>25</sup> Dentro de las propuestas de estos organismos, la formación de cuadros era fundamental.

Bajo esta idea se creó el CONACYT, el 29 de diciembre de 1970 con tres objetivos fundamentales: 1) establecer las políticas de CyT, 2) apoyar la formación de cuadros a través del otorgamiento de becas y 3) fortalecer la estructura científica.

En un principio, el CONACYT otorgaba becas a los científicos que quisieran realizar estudios de posgrado. Posteriormente, en 1974, el otorgamiento de la beca-gratuita se cambió a la modalidad *beca- crédito* en la cual se obligaba al becario a restituir un

---

<sup>25</sup> En 1968, la OEA presentó el Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico (PRDCYT) en donde las acciones sugeridas a los gobiernos miembros en el ámbito de la educación eran las siguientes: a) reforzar la infraestructura científica y técnica de los países miembro; b) desarrollar la capacidad de crear tecnologías propias, adaptadas a las condiciones de la región; c) lograr un grado suficiente de autonomía científica y técnica; y d) promover la integración científica y técnica latinoamericana al servicio del desarrollo económico de los pueblos (Albornoz, 2002: 9).

porcentaje del dinero obtenido para sus estudios en función de su rendimiento y la institución en la cual llevó a cabo su formación. Dentro del recuento histórico de las primeras becas otorgadas por las instituciones mexicanas se encuentran los siguientes datos:

Tabla 2.3 Fuente de financiamiento para realizar estudios de posgrado en el extranjero 1971-1980.

Organismo	Número de becas	Porcentaje
ANUIES	1,408	5%
CONACYT	21,051	67%
Banco de México	1,976	5 %
SEP	3,647	12 %
UNAM	3,432	11%
Total	31,214	100%

Fuente: Tomado de Márquez, Teresa (1982:100).

De acuerdo con Teresa Márquez (1982), las primeras becas para realizar estudios en el extranjero, fueron otorgadas a investigadores de las áreas consideradas prioritarias en ese momento: Biología, Química, Física e Ingeniería. En tanto que las becas del Banco de México fueron destinadas para realizar estudios de Administración y Economía.

Tabla 2.4 Becas CONACYT por trienio y destino de formación, 1971-2012

Trienio	Nacionales	Extranjeras	Total
1971-1973	41%	59%	2181
1974-1976	60%	40%	6524
1977-1979	59%	41%	9036
1980-1982	80%	20%	10759
1983-1985	81%	19%	7181
1986-1988	79%	21%	6298
1989-1991	81%	19%	6645
1992-1994	83%	17%	14541
1995-1997	81%	19%	17915
1998-2000	77%	23%	32,669
2001-2003	78%	22%	37,789
2004-2006	86%	14%	56,170
2007-2009	89%	11%	80,762
2010-2012	90%	10%	124,324
Total			412,794

Fuente: Tomado de Ortega Silvia (2001) para los años 1970- 1997 e informe CONACYT 2012 para los datos de 1998-2012.

Como se muestra en la tabla 2.4, a lo largo de los años la formación de cuadros continuó siendo uno de los ejes rectores para producción del conocimiento. Como lo muestran los trabajos de Silvia Ortega et al. (2001) y al análisis de los datos reportados por el

CONACYT se sabe que desde 1971 a 2012, el CONACYT ha otorgado 412,794 becas para realizar estudios. De esta cifra 231,165 corresponden a estudios de maestría (56%), y 151,751 a estudios de doctorado y posdoctorado (36.76%). En un inicio el 59% de las becas CONACYT estaban destinadas para la formación de cuadros en el extranjero, posteriormente una vez que los programas de posgrado y la masa crítica se fue consolidando este panorama fue cambiando: en 2012, de cada 100 becarios, 10 de ellos realizan sus estudios en el extranjero.

En efecto, un principio las becas del CONACYT estaban etiquetadas para llevar a cabo estudios de posgrado en el extranjero, más adelante este panorama fue cambiando con la consolidación de la masa crítica y los programas de fortalecimiento del posgrado nacional.

#### *b) Evaluación del sistema*

En 1971, la ANUIES y la SEP dieron el primer paso para recabar y procesar información sobre SES, con el establecimiento de indicadores para medir el avance de la formación de recursos humanos altamente calificados en el país.. Este trabajo<sup>26</sup> aportó las primeras líneas para elaborar las políticas científicas del Plan Nacional de Educación de 1977. A partir de ese momento, se establecieron programas especializados para atender temas como la superación académica,<sup>27</sup> el desarrollo de nuevos modelos de organización en la educación superior (alternativos a la UNAM), la normalización jurídica, la investigación científica, la vinculación, el financiamiento, la orientación vocacional, la administración universitaria y la integración de la Enseñanza Media Superior, entre otros temas. De acuerdo con la literatura sobre la evolución de las acciones emprendidas por el CONACYT para el desarrollo de la CyT en México las líneas generales por décadas han sido las siguientes:

---

<sup>26</sup> Los temas abordados en esta primera evaluación del sistema fueron: los perfiles de egreso en función de los conocimientos aprendidos, la formación y actualización de los profesores, el establecimiento de un proceso de evaluación y comunicación de resultados en base a “un manual de indicadores básicos para la evaluación del sistema universitario” (SEP, 2012).

<sup>27</sup> Las recomendaciones de estos organismos sobre el rubro de la superación académica se vieron cristalizadas en las universidades de reciente creación, como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM, fundada en 1973, en donde se dio la oportunidad a los académicos de realizar estudios de posgrado en instituciones extranjeras para consolidar los colectivos de reciente creación (Maldonado, 2008).

Tabla 2.5. Evolución de las acciones para el desarrollo de la CyT en México\*

Década	Acciones
1970	Diagnóstico de desarrollo de CyT. Establecimiento de planes de desarrollo del SES, para ampliar la oferta educativa. Formación Recursos Humanos. Becas crédito para el extranjero. Jeraquización de disciplinas y nivel de estudios: maestría y doctorado. Creación de la infraestructura de CyT en los Estados: Centros CONACYT con estructura departamental. Búsqueda de la homologación salarial
1980 1984	Disiminucion de becas y recursos por crisis económica. Creación del SNI para retener talentos y establcer parametros de evaluación del quehacer científico.
1990	Instalación de la lógica de rendición de cuentas y de financiamiento en función de resultados tanto a IES como a Individuos (COPAES, FOMES, PIFI): instauración de la cultura de la evaluación. Formación de Recursos Humanos. Becas para estudios de posgrado a nivel nacional y en el extranjero: maestría, doctorado y postdoctorado. Búsqueda de calidad en la formacion de cuadros: Fortalecimiento del Posgrado Nacional (PNPC), Surgimiento del Programa de Mejoramiento del Profesorado. Inversión en CyT. Financiamiento en función de proyectos. Creación de Infraestructura para la alta Tecnología. Inicia la certificación de productos y procesos en función de estándares internacionales. Creación del mercado de servicios: las Patentes.
2000	Formación de Recursos Humanos: Becas para estudios de posgrado nacional y en el extranjero -preferentemente a nivel doctorado- en función de la calidad del programa y las IES. Estancias cortas en el extranjero (Becas Mixtas). Becas para estancias postdoctorales. Financiamiento Público y Privado en función de la producción de resultados. Apoyo a proyectos interdisciplinarios y redes temáticas. Modificación de la Ley de CyT para facilitar la interacción entre la oferta y la demanda en CyT. <sup>28</sup>
2010	Formación de Recursos Humanos. Becas nacionales para maestría y doctorado en función de la calidad del programa. Becas mixtas para el extranjero preferentemente doctorado y postdoctorado Inversión en CyT. Concurso por el financiamiento de Fondos Mixtos y sectoriales (Público o/y Privado) en función de líneas temáticas estratégicas Apoyo a redes interdisciplinarias públicas o /y privadas, nacionales y/ o internacionales para la formación, absorción, transferencia y comercialización del conocimiento (Pymes, a nivel nacional, por ejemplo) Inversión en tecnología de comunicación

\* Fuente: Elaboración propia con base al análisis de los informes CONACYT.

### c) Creación del SNI

En este espacio desarrollaré con más detalle las características, evolución y composición actual del SNI por la relevancia de dicho organismo como parte del sistema de

<sup>28</sup> Dentro de las reformas a las políticas de CyT, Mónica Casalet (2007:17) menciona: 1) La Ley para el Fomento a la Investigación CyT (FICYT); 2) Las propuestas que surgen del Plan Nacional de Desarrollo (período 2001-2006); 3). La creación del Programa de CyT (PECYT) 2001/06; 4). La creación de la Ley de CyT (2002), 5). La reestructuración organizativa del sector de CyT en función de la Ley Orgánica del CONACYT.

reconocimiento y recompensas de los investigadores mexicanos, lo que equivale a la legitimación interna de los científicos, dado que en el SNI se agrupan los acuerdos sobre la validación del quehacer científico.

Tabla 2.6. Número de integrantes del SNI de 1984 a 2012.

Año	Número	Tasa de crecimiento anual
1984	1 377	
1985	2 276	+65,3%
1986	3 035	+33,3%
1987	3 402	+12,1%
1988	3 774	+10,9%
1989	4 505	+19,4%
1990	5 704	+26,6%
1991	6 165	+8,1%
1992	6 602	+7,1%
1993	6 233	-5,6%
1994	5 879	-5,7%
1995	5 868	-0,2%
1996	5 969	+1,7%
1997	6 278	+5,2%
1998	6 742	+7,4%
1999	7 252	+7,6%
2000	7 466	+3,0%
2001	8 010	+7,3%
2002	7 982	-0,3%
2003	9 168	+14,9%
2004	10 140	+10,6%
2005	10 629	+4,8%
2006	12 426	+16,9%
2007	13 485	+8,5%
2008	14 559	+8,0%
2009	15 561	+6,3%
2010	16519	+6,7%
2011	17568	+5,9%
2012	18556	+6,7%

Fuentes: Tomado de Didou y Gérard 2010 e Informes CONACYT 2010-2013.

Como se muestra en la tabla 2.6, el surgimiento del SNI en 1984, constituye un parteaguas en la relación entre el gobierno y la comunidad científica mexicana no solamente porque disminuye la fuga de cerebros sino también porque sirve de marco de referencia para regular los programas de rendición de cuentas y evaluación de la planta académica del SES. Como señala Brunner (2000), con la puesta en marcha de estos mecanismos, empieza a hacerse evidente, como en otros países de la región latinoamericana, el tránsito del *“Estado benefactor al Estado evaluador”* pues se inicia sistema de reconocimiento y recompensas vía la evaluación de la producción científica.

Antes de la creación del SNI la comunidad científica mexicana estaba muy dispersa: *"mucha gente no regresó del extranjero, otros emigraban, y otros dejaron la ciencia y se*



*dedicaron a ser taxistas o, a lo que fuere para poder tener éxito en la vida”* (Ruiz-Herrera, 2005:26). Ciertamente, esta era la imagen que se tenía de la comunidad científica antes de la creación del SNI.

En opinión de los fundadores del SNI (Malo, 2005 y Paredes, 2005) uno de los logros de las negociaciones entre los científicos<sup>29</sup> y la presidencia de la República fue lograr la consolidación de la comunidad científica. A través del SNI, el gobierno mexicano buscó reconocer la labor de las personas dedicadas en producir conocimiento científico y tecnológico. En base a la evaluación por pares sobre el desempeño profesional el SNI clasifica a los investigadores en cinco rubros: Candidato (C), nivel 1, 2, 3 y Emérito. Esta distinción simboliza no solamente reconocimiento y prestigio sino un estímulo económico en función del nivel asignado.

Tabla 2.7. Criterios de evaluación para pertenecer al SNI en 2012.

Categoría	Requisitos mínimos
Candidato	Tener el grado de doctor, demostrar capacidad para realizar investigaciones, no haber transcurrido más de 15 años después de haber obtenido el título de licenciatura, y contar con un contrato definitivo en una institución de educación superior o centros de investigación de los sectores público, privado o social de México para realizar investigación científica o tecnológica.
SNI-1	Contar con los requisitos anteriores y: haber realizado actividades de investigación original y de calidad, haber participado en la dirección de tesis de licenciatura y posgrado; participar en la divulgación de la ciencia y en actividades de vinculación de la investigación con los sectores público, social y privado.
SNI-2	Además de contar con los requisitos del Nivel I: Haber realizado, en forma individual o en grupo, investigación original, científica o tecnológica donde se demuestre haber consolidado una línea de investigación, y haber dirigido tesis de posgrado y formado recursos humanos de alto nivel.
SNI-3	Contar con los lineamientos anteriores y: Haber realizado investigación que represente una contribución al campo. Haber realizado actividades sobresalientes de liderazgo en la comunidad científica, contar con reconocimiento nacional e internacional por su actividad científica, y haber contribuido a la formación de recursos humanos de alto nivel para el país.
Emérito	Reunir los requisitos anteriores y presentar su postulación al Comité. Contar con al menos 65 años de edad al cierre de la convocatoria. Tener al menos quince años de servicio con el nivel 3. Demostrar una trayectoria excepcional en México, y ser recomendado por un mínimo de nueve miembros de la Comisión Dictaminadora del área de conocimiento correspondiente.

Fuente: Elaborado en base a [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5283400&fecha=26/12/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5283400&fecha=26/12/2012).

<sup>29</sup> En la creación del documento que da origen al SNI participaron: Luis Medina (Subsecretario de Planeación de la SEP), Manuel Ortega (Subsecretario de Educación y de Investigación Tecnológica de la SEP), Jorge Flores Valdez (Subsecretario de Educación Superior e investigación Científica de la SEP) Daniel Resendiz (Secretario General del CONACYT), José Sarukan (Presidente de la Academia Mexicana de la Ciencia) y el Secretario técnico: Salvador Malo. Dentro de las reuniones de discusión, además del listado anterior participaron: el Dr Mayagoitia, el Dr. Bernardo Sepúlveda, el Dr. Marcos Moshinsky y el Dr. Luis González y González. El Secretario de la SEP en ese tiempo era Jesús Reyes Heróles y el presidente de la República era De la Madrid Hurtado (Malo, Salvador, 2005; Flores- Valdez 2005).

Si bien, los requisitos para el ingreso al SNI han ido variando a lo largo de los años, dentro de los requisitos generales se encuentran: la edad, la trayectoria formativa, la trayectoria profesional, así como tener impacto dentro y fuera del área disciplinaria (Tabla 2.7).

La creación del SNI resulta de particular interés para este trabajo porque representa un referente institucionalizado para validar las trayectorias formativas y profesionales de los investigadores. Además que, como se verá más adelante, se ha convertido en un referente de evaluación del desempeño de la profesión académica en todo el SES.

Otra medida para estimular el desarrollo de la ciencia y no perder generaciones de científicos fue la aprobación en 1985 por el Congreso Federal de la Ley para Promover el Desarrollo Científico y Tecnológico, impulsada, al igual que la anterior, por la Academia de la Investigación Científica (García de Fanelli et. al. 2001). Cabe mencionar que estas estrategias formaron parte de la reforma estructural del CONACYT que más tarde, en la década de los noventa sirvieron para consolidar el desarrollo de programas como el Programa para el Avance de la Ciencia en México (PACIME) y el programa del Padrón de Posgrado de Excelencia (PPE).

### ***2.3 Los polos de referencia según el momento de estudios de posgrado***

Si pensamos la circulación del conocimiento y de los recursos humanos en el ámbito internacional, los polos representan los nodos o imanes que ejercen una mayor atracción sobre los estudiantes que tienen deseos de estudiar fuera del país. La presencia de dichos imanes obedece al peso en la formación de recursos humanos, pero también a la visibilidad o relevancia de los procesos de producción y difusión del conocimiento científico. De esta manera, una IES, una disciplina o un país se fortalecen a través de los vínculos e intercambios no sólo por la calidad de sus aportaciones en el campo de conocimiento, sino también porque el espacio institucional alberga científicos con altos niveles de visibilidad e influencia, reconocidos como autoridades o figuras tutelares (Gérard y Maldonado, 2009) en su campo. ¿Cuáles fueron los polos de atracción de los investigadores mexicanos en las diferentes etapas?

#### ***2.3.1 Los polos formación antes de la regulación (previo a 1984)***

La movilidad internacional en los procesos de formación es de larga data, prácticamente inherente a los procesos de educación superior desde el origen mismo de las

universidades. Desde la creación de las primeras universidades, la formación de recursos humanos y el intercambio del conocimiento generado entre distintas instituciones, países y regiones fueron parte esencial del desarrollo de la universidad y la ciencia como instituciones sociales (Ben David y Zlockzower, 1962; Perkin, 1986). Es por eso que la movilidad internacional de los investigadores ha sido reconocida como un poderoso mecanismo para la transferencia de conocimiento, el establecimiento de redes y la producción del conocimiento.

A través de los estudios realizados al respecto se han detectado la existencia de ciertos lugares de formación, que generación tras generación han sido lugar de encuentro de investigadores de ciertas áreas disciplinarias. Estos lugares, denominados por Gérard y Maldonado (2009) como *Polos de formación* atraen a los investigadores por varias razones: por el conocimiento generado, las figuras tutelares, las metodologías y el manejo de instrumentos de punta.

Estos flujos de movilidad durante los procesos de formación para la investigación, muchas veces responden a las lógicas disciplinarias señaladas por Clark (1991) donde la disciplina, la tradición, la corriente de pensamiento o el tutor, empujan a los científicos y a sus herederos a construir un polo de formación fuera del territorio nacional. Sin embargo, el magnetismo de estos núcleos puede irse modificando a través del tiempo debido a factores como la consolidación de los colectivos de investigación, la implementación de políticas de atracción o formación de talentos, o por los cambios en las formas de gobierno por ejemplo; escenarios que brindan nuevas oportunidades para llevar a cabo los procesos de formación de las nuevas generaciones de científicos.

En el caso de México, antes de la creación del SNI y de que éste se convirtiera en marco de referencia para evaluar la productividad y la distribución de prestigio dentro de la comunidad científica mexicana, la oferta de estudios de posgrado era escasa y concentrada fundamentalmente en la zona metropolitana de la Ciudad de México.

De acuerdo con las investigaciones disponibles (Alcántara et al, 2008; Kent, et. al. 2010; García de Fanelli, et. al. 2001, Grediaga et. al. 2012, Malo et. al 1981, por ejemplo), se sabe que los primeros programas de doctorado surgieron entre 1940-1970, en la UNAM; primero en la Facultad de Filosofía y Letras y después en la Facultad de Ciencias. De estos programas se *graduaban dos o tres alumnos anualmente* (Malo, et al. 1981). Más tarde, en 1960, el IPN y el COLMEX; y en 1970 el CINVESTAV empezaron a ofrecer nuevos programas de doctorado con investigadores que habían realizado sus estudios en

el extranjero.<sup>30</sup> Sin embargo, la oferta no era suficiente y un número importante de mexicanos partieron al extranjero para realizar estudios de doctorado y de pos doctorado. En base a los trabajos de Grediaga y Maldonado (2010, 2012) se sabe que antes de la creación del SNI, en 1984, el 72% de los miembros registrados en el SNI 2010, realizó sus estudios de doctorado en instituciones extranjeras -principalmente en instituciones europeas y estadounidenses- y sólo 391 investigadores, obtuvieron el diploma de doctorado en territorio nacional.

De los investigadores que realizaron sus estudios en el extranjero se observó que los países más recurrentes como destino de los mexicanos para formarse a nivel doctorado fueron los siguientes: Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, España, países de Europa Oriental,<sup>31</sup> Alemania y Canadá. Por su parte, las áreas más internacionalizadas en ese período fueron, en orden descendente: Físico- Matemáticas, Biología-Química, Ciencias Sociales, Biotecnología, Ingeniería y Humanidades y Ciencias de la Conducta.

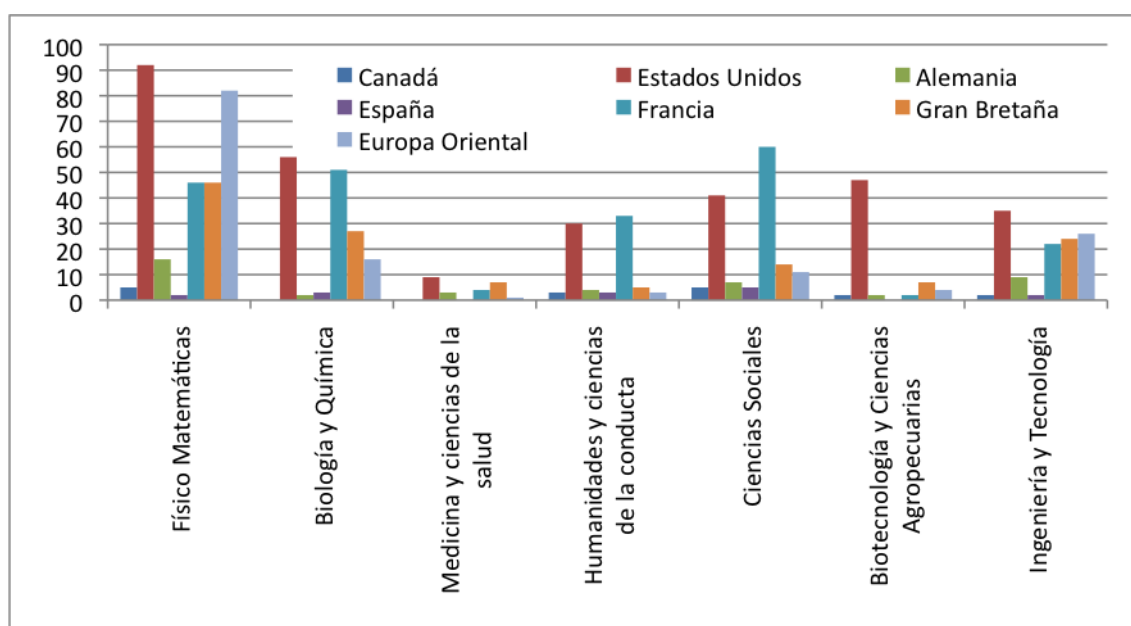
Aunque no todos los mexicanos que se formaron en el extranjero se encuentran dentro del SNI, o forman parte de la comunidad científica nacional, esta gráfica constituye una buena aproximación para observar las diferencias en el ritmo de evolución e institucionalización disciplinaria y para conocer la imagen de aquellos que obtuvieron el título de doctorado (máxima habilitación escolarizada en la formación para la investigación) en la etapa previa a la implementación de las políticas científicas. Una de las preguntas relevantes que busca responder este trabajo, sería indagar en qué medida los países de formación explican los enlaces existentes entre los investigadores mexicanos y las instituciones internacionales.

---

<sup>30</sup> El papel de los estudios en el extranjero en el desarrollo de la ciencia y la creación de nuevas instituciones es de larga data. A título de ejemplo, los trabajos de Ruth Guzik (2009) sobre la trayectoria de Arturo Rosenblueth Stearns (1900-1970) fundador del CINVESTAV, sirven para ejemplificar lo mencionado. Este investigador realiza sus primeros estudios en Chihuahua, después se traslada a México, en donde estudia Medicina. Viaja a Francia con una beca, obtiene el grado de Doctor en la Universidad de París en 1927. Regresa a México, para trabajar en la Escuela Nacional de Medicina de la UNAM. En 1930, obtiene una beca Guggenheim para estudiar en Harvard. Al finales de 1940 Rosenblueth vuelve a México para dirigir el departamento fisiología del recién creado Instituto Nacional de Cardiología, hoy *Ignacio Chávez*. En 1943, le ofrecieron un puesto la Universidad de Illinois, pero no la aceptó. Fue nominado al premio Nobel en 1952, y en 1961 creó y dirigió el CINVESTAV.

<sup>31</sup> Por países de Europa Oriental se entiende: Bielorrusia, Checoslovaquia, Eslovaquia, Eslovenia, Hungría, Bielorrusia, Polonia, Rumania, Rusia, Ucrania, Yugoslavia.

Gráfica 2.1 Polos de formación doctoral de los miembros del SNI 2010 antes de 1984.



Fuente: Tomado de Grediaga y Maldonado 2010.

Si tomamos como ejemplo el país de estudio de los integrantes de los colectivos de investigación del área de Biología-Química (Gráfica 2.1), que se graduaron del doctorado antes del inicio de la regulación del sistema, se pueden observar las etapas institucionalización en la manera en cómo fue evolucionando este campo en México.

Por ejemplo, antes de 1984 se crea el Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos, en la UNAM. Este Laboratorio, creado en 1942, se transformó en el Instituto de Estudios Médicos y Biológicos de la UNAM, para convertirse a fines del siglo XX en el Instituto de Investigaciones Biomédicas. De este Instituto surgieron a su vez otros tres centros de investigación: el Instituto de Biotecnología (Centro de instigación que formara parte de nuestro objeto de estudio), el Centro de Fijación de Nitrógeno y el Centro de Neurofisiología. Todos ellos de la UNAM pero localizados en lugares geográficos distintos: Ciudad de México, Cuernavaca y Querétaro, lo que le da a esta institución un dominio tradicional en el campo.

#### 2.4. Hacia un reordenamiento del sistema (1985-1996)

En la primera década de labores del CONACYT (1970-1980) no se logró establecer una vinculación clara entre la ciencia y el sector productivo, ya que como afirma Casalet (2007) en ese período las empresas privadas preferían comprar paquetes tecnológicos del exterior en lugar de invertir en el desarrollo de la ciencia nacional. A partir de los años 80's la situación para el desarrollo de la CyT nacional se tornó más agreste. Por un lado las

políticas nacionales, luego de la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Estados Unidos y Canadá privilegiaron la importación de materias primas así como de productos ya manufacturados que desestabilizaron la planta productiva nacional (Romero, 2003) y por otro lado las políticas científicas no alcanzaban aún sus objetivos de planeación del sistema. ¿Cómo hacer frente a un fenómeno tan complejo?

En 1980, las estrategias adoptadas por el gobierno en cuanto al desarrollo de la CyT, como lo mencioné en la tabla 2.4, además de la formación de cuadros partieron en varios sentidos. Una de ellas es la regulación del sistema y el otorgamiento de financiamiento en función de resultados tanto a las IES, como a los Individuos. La segunda estrategia es la descentralización de la oferta educativa. Todas ellas fueron modificando año con año el SES.

En efecto, como una emulación del mecanismo instaurado por el SNI, en relación al pago en función de los productos, en las IES se implementaron programas de apoyo y estímulos para apoyar las tareas de los académicos. A través de un pago adicional como incentivo para la eficiencia y productividad de los investigadores. Esta estrategia, alto riesgosa para la horizontalidad en la vida universitaria des homologó el salario de los académicos, creando escalas de jerarquización entre aquellos que si seguían las nuevas reglas, sino también limitó la acción de los sindicatos universitarios en la definición del escalafón y instauró con una herramienta para priorizar unas actividades académicas sobre otras (Gil, 2005).

Un ejemplo de este tipo de mecanismos son los programas de pago adicional por productividad que empezaron a funcionar a finales de los años 80's como el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE)<sup>32</sup> en la UNAM, el Programa de Estímulos y Becas de la UAM, la Comisión de Promoción y Estímulos para los Investigadores del CINVESTAV (COPEI) y el Programa de Estímulo al Desempeño Docente (EDD) del IPN lo que modificó las condiciones y las prácticas laborales de los investigadores. Justamente como respuesta de las IES para lograr retener al personal docente comprometido institucionalmente, no sólo a quienes cumplían con las

---

<sup>32</sup> Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo. Se inicio en 1996 Tiene por objeto reconocer y estimular la labor de los académicos de tiempo completo que hayan realizado sus actividades de manera sobresaliente. Está dirigido al personal académico de tiempo completo con una antigüedad mínima de un año en la UNAM como personal académico de tiempo completo, al momento de presentar la solicitud. La prima al desempeño es equivalente a un porcentaje del salario tabular vigente del académico, con repercusión sobre la correspondiente prima de antigüedad académica y puede ser otorgada en alguno de los siguientes niveles: A, B C y D <http://dgapa.unam.mx/html/pride/pride.html>.

condiciones para ser reconocidos como investigadores en el SNI y que podían acceder al complemento salarial que ofrece este sistema, sino también como un apoyo económico desde la propia institución.

El surgimiento de programas de evaluación y compensación económica en función del desempeño, que se asoció con la certificación de posgrado, especialmente de doctorado, constituyó uno de los detonantes del aumento de interés de los académicos de tiempo completo para continuar o culminar su formación de posgrado, así como para realizar investigación, difundir y publicar los resultados de sus investigaciones en espacios pertinentes y acreditados en el campo. Además, fue una señal para que los estudiantes que tenían interés en una carrera futura como académicos, tomaran conciencia de la importancia que iba adquiriendo la formación altamente especializada.

En el caso de la instalación de este tipo de mecanismos, este hecho podría explicar el alto nivel de formación de los colectivos, principalmente en comparación con la escolaridad promedio de la planta académica nacional (Gil, et. al. 1994, Grediaga, 2000; Ibarra, 2000), y el aliciente “premio o castigo” para buscar espacios de formación en grupos consolidados en el extranjero.

Cabe mencionar que otro de los mecanismos que se iniciaron en este segundo período fueron los procesos de acreditación de las IES, precisamente el 7 de noviembre de 1989. Pero dado que estos cambios se relacionan con la transformación de los espacios donde laboran los investigadores, este tema lo trataré en el apartado de trayectorias profesionales.

#### ***2.4.1. Polos de formación en el segundo período: 1985-1996***

En cuanto a los polos de formación, en este segundo período se inicia una dinámica interesante en la formación de cuadros. No solamente por el número ascendente de diplomas registrados obtenidos fuera del país, sino por los cambios que se observan respecto a la selección de los polos de formación, lo cual podría atribuirse a la consolidación de las disciplinas.

A través del análisis de la información disponible, de este segundo período sabemos que las dinámicas de formación en cuanto al número de certificados y el peso de los polos de formación cambiaron. Si en el primer período, casi tres de cuatro estudiantes de doctorado realizaban sus estudios fuera del país, en este segundo momento, cuando el perfil de investigador del SNI influyó como marco de referencia para la comunidad académica,

ahora el número total de diplomas de doctorado se duplicó: de 1360 a 3224. Pero también creció en términos relativos la proporción de doctorados obtenidos en el país, alcanzando casi la paridad con el número de certificados de este nivel obtenidos en el extranjero. No así en cuanto a las estancias posdoctorales, que casi en su totalidad (93.85%) siguen desarrollándose fundamentalmente fuera de México.

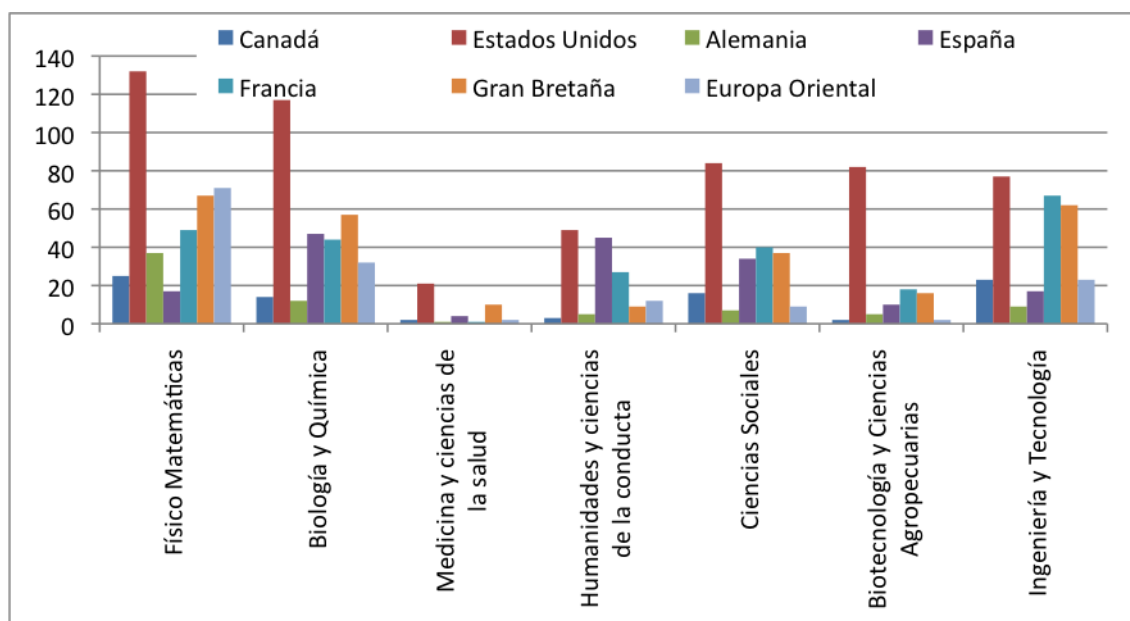
Tabla 2. 8 Diplomas de doctorado y postdoctorado por origen de obtención:1985-1996.

Diploma	Nacional	Extranjero	% diplomas en el Extranjero	Total
Doctorado	1,472	1, 752	54.34%	3, 224
Postdoctorado	15	229	93.85%	244

Fuente: Tomado de Grediaga y Maldonado 2010.

En cuanto al comportamiento por áreas, los efectos de los mecanismos gubernamentales en los procesos de formación de los científicos mexicanos también se pueden observar en la dinámica de formación de cada disciplina. Por ejemplo, como se muestra en la gráfica 2.2, los biólogos, que tienen la delantera en ambos períodos, en este segundo momento tienen un descenso en diez puntos porcentuales (27.5%). Lo cual podría estar relacionado con la oferta nacional creciente en esa área, principalmente en la UNAM, la UAM y el CINVESTAV.

Gráfica 2.2 Polos de formación doctoral de los miembros del SNI 2010 de 1985-1996.



Fuente: Tomado de Grediaga y Maldonado 2010.

Por su parte los físicos ocupan el segundo lugar como disciplina con un alto nivel de movilidad (23.8%). Estos colectivos de investigación amarrados a la utilización de



instrumentos de frontera (tipo aceleradores de partículas) existentes, en ese tiempo, en los grandes colectivos internacionales, continúan realizando sus estudios de doctorado en el extranjero. Principalmente en Estados Unidos y Europa, lugares donde la inversión en CyT es mayor.

En cuanto a los principales polos de atracción por áreas de conocimiento, encontramos a Estados Unidos como principal polo de atracción prácticamente en todas las áreas, con excepción probablemente de medicina y ciencias de la salud, en la cual los principales polos de atracción son España y Francia. Esta tendencia generalizada de formación en instituciones de Estados Unidos podría estar asociada no solamente a la continuidad de flujos migratorios originada por la primera generación de investigadores mexicanos, sino también a las políticas de atracción de talentos puestas en marcha por dicho país.

En el caso de las Ciencias Sociales y de Humanidades, se observa un cambio sustantivo, no solamente en el incremento de los estudiantes de doctorado en estas áreas sino también en el abanico de opciones de los países de formación. Además de Estados Unidos y Francia; España y Gran Bretaña aparecen en el mapa de formación. Las hipótesis al respecto se podrían explicar a través del impacto de las transformaciones del SES en investigación científica ocurridas en diferentes ámbitos: la consolidación de los colectivos de investigación, el otorgamiento de becas para estas áreas disciplinarias por parte del CONACYT, o el endurecimiento de las reglas establecidas por las universidades para acceder a los programas de estímulos y becas. Motivos por los cuales los investigadores de estas áreas buscaron nuevos horizontes y estrategias financieras para llevar a cabo sus estudios a nivel doctorado, como se mostró en la gráfica 2.2.<sup>33</sup>

## ***2.5. Las políticas científicas y la consolidación de los colectivos (1997-2012)***

Bajo la misma lógica que el SNI, pero ahora buscando la elevación de la calidad dentro del SES, se creó en 1996, el PROMEP. Con este mecanismo el gobierno mexicano buscó incidir dentro del SES en tres niveles. En primer lugar regularizar las trayectorias de formación de aquellos académicos en servicio que, por su ingreso prematuro en el sistema, aún no contaban con estudios de doctorado. En segundo lugar, fomentar la realización de trabajo de investigación colegiado (Luchillo, 2010); y en tercer lugar, condicionar la

---

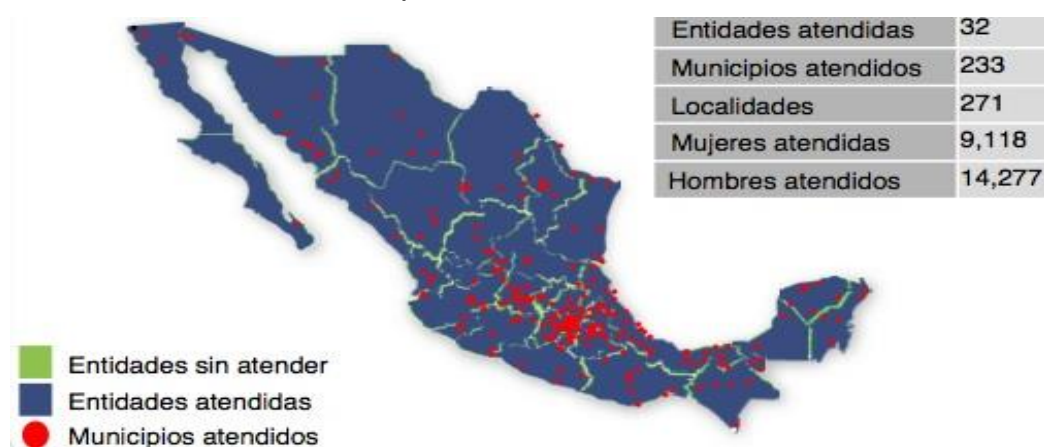
<sup>33</sup> En este período tanto las IES con recursos propios, o externos, inician el apoyo a la formación del personal docente, con programas SUPERA, programa que operó bajo la coordinación de la ANUIES para todas las instituciones afiliadas hasta 1996, en que se mantuvo unos años más, pero sólo para el personal del sector de instituciones tecnológicas públicas.

asignación de recursos extraordinarios a las IES en función del perfil de sus profesores con el Programa Integral de Fomento Institucional (PIFI) (Grediaga, 2004).

De acuerdo con los datos reportados por PROMEP, desde 1996 hasta finales del 2012 este programa ha otorgado 8,129 becas (5,600 nacionales y 2,529 para el extranjero) a profesores de universidades públicas para realizar estudios de posgrado en programas de calidad. De éstos se graduaron 4,803 (3,225 en doctorado, 1,733 en maestría y 24 en especialidad). Uno de los logros de este programa es el hecho de que: de los 3,074 becarios del programa que alcanzaron el grado de doctor, el 44% se encuentra en el SNI.

En el lapso comprendido entre 1996 y 2011, el PROMEP logró aumentar tanto el número de plazas para profesores de tiempo completo (de 14,270 en 1996 a 31,018), como el número de doctores: de 1,242 a 11,721. De igual manera el número de profesores con grado de maestría o especialidad pasó de 3,853 a 15,369 en este mismo período. En base a la información reportada por el PROMEP en 2012, el mapa de atención de este programa es el siguiente:

*Mapa 2.2 Cobertura PROMEP 1996-2012.*



Fuente: informe PROMEP 2012.

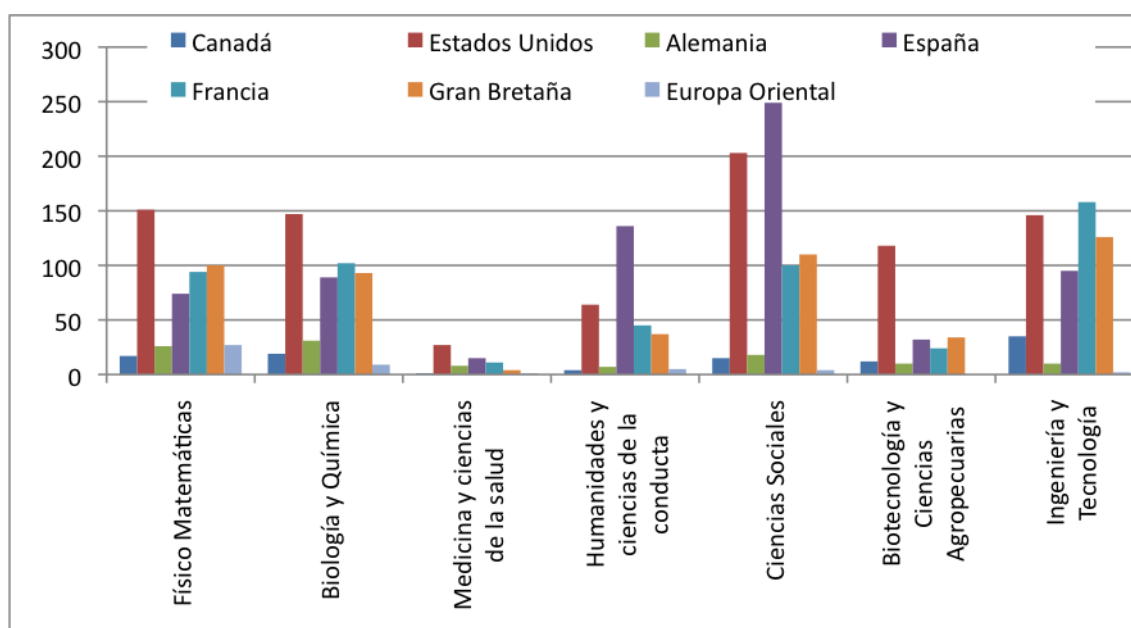
Otro de los rasgos que caracterizan este tercer período es precisamente: la puesta en marcha de mecanismos para fortalecer el posgrado en México con el PNPC y la descentralización del SES, mediante la creación de nuevos polos de producción del conocimiento tipo Centros CONACYT. Dado que estos temas tienen relación con cambios estructurales de las IES, serán tratados en la sección correspondiente a las trayectorias profesionales, por el peso que tiene en la construcción de los espacios para la producción del conocimiento.

### 2.5.1 Polos de formación en el tercer período: 1997-2012

En el tercer período: 1996-2012, inicia una dinámica interesante en la formación de cuadros. No solamente por el número ascendente de diplomas registrados, la elección de los polos de formación, en función de la consolidación de las disciplinas, sino también por los mecanismos y actores involucrados en la elevación de la calidad educativa de las IES. Esto es la instalación del PROMEP y del PNPC.

En cuanto a los polos de formación, la dispersión observada entre el segundo período y el tercero, se observa una disminución significativa en la presencia de Estados Unidos y un crecimiento de España como destino en casi todas las áreas, especialmente en el área de Ciencias Sociales y de Humanidades. En cambio Francia y Estados Unidos son destinos con el mismo peso en el caso de Ingeniería y Ciencias de la Tecnología.

*Gráfica 2.3 Polos de formación doctoral de los investigadores miembros del SNI en 2010 en el período de 1996 -2010*



Fuente: Tomado de Grediaga y Maldonado 2010.

En cuanto a los polos de formación, a lo largo de estos estudios exploratorios (Grediaga y Maldonado, 2010, 2012), también pudimos detectar la existencia de lugares de atracción recurrente, considerados ahora si como países polo en todos los períodos, para ciertas disciplinas. A nivel estadístico, el cambio en la dinámica de formación, de estos tres cortes es el siguiente:

Tabla 2.9. Origen del diploma de doctorado y posdoctorado de los miembros del SNI 2010 por período

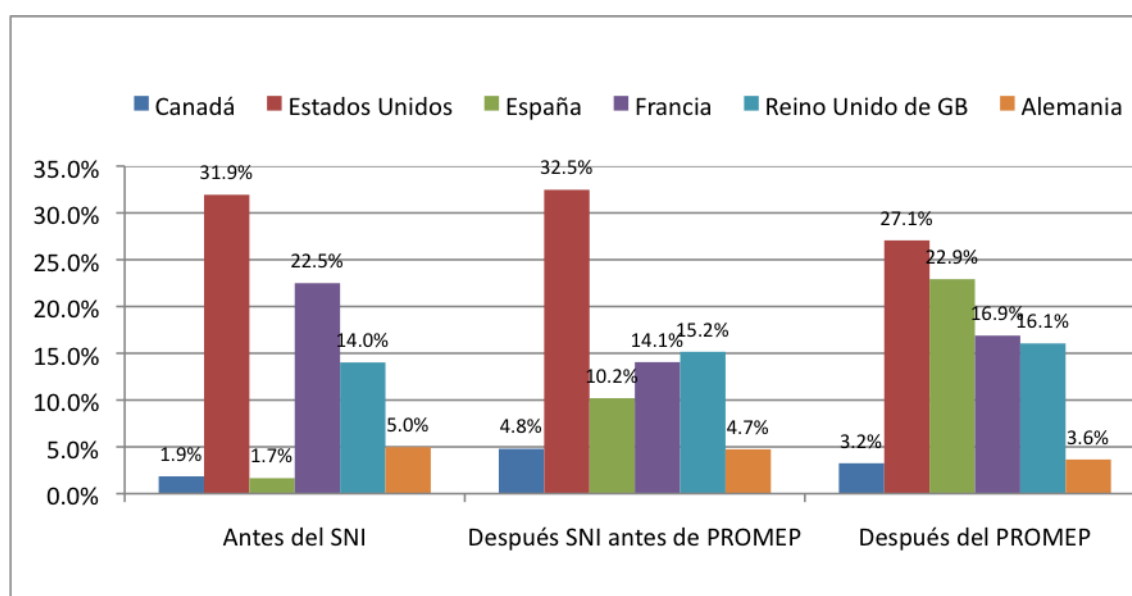
Período	Tipo de diploma	Instituciones Nacionales	Instituciones extranjeras	Proporción de los estudios en el extranjero	Total
1 Período:	Doctorado	391	969	71.25%	1, 360
Antes 1984	Posdoctorado	4	62	93.94%	66
2 Período	Doctorado	1,472	1, 752	54.34%	3, 224
1985-1996	Posdoctorado	15	229	93.85%	244
3 Período	Doctorado	7,412	3, 144	29.78%	10, 556
1997-2010	Posdoctorado	515	860	62.55%	1, 375
Total	Doctorado	9, 275	5,865	38.74%	15, 140
	Posdoctorado	534	1, 151	68.31%	1, 685

Fuente: Elaboración en base al análisis de los datos del SNI 2010.

Por ejemplo: Estados Unidos, Europa Oriental, Gran Bretaña y Francia, para los Físicos; o Francia, Estados Unidos, Gran Bretaña y España en el caso de las Ciencias Sociales.

De acuerdo con la tabla anterior, se observa que las nuevas generaciones de investigadores del SNI realizaron los estudios en programas de doctorado en el país. Esto significa que México llegó a representar una opción formativa conveniente y accesible para poco menos de cuatro quintas partes (70.07%) entre aquellos que estudiaron su doctorado o desarrollaron estancias posdoctorales después del surgimiento del PROMEP y el PNPC.

Gráfica 2.4. Polos de formación doctoral por período y área SNI 2010



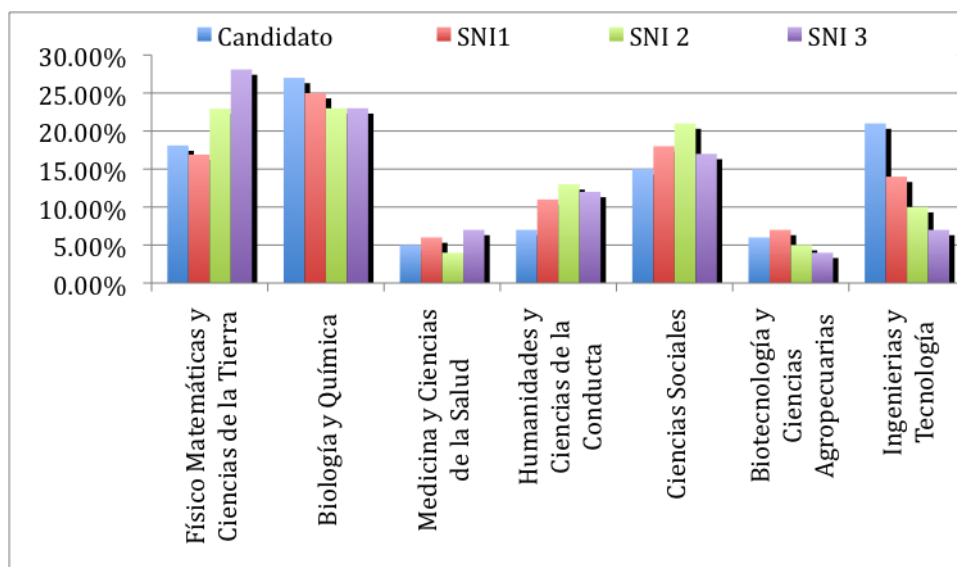
Fuente: Tomado de Grediaga y Maldonado 2010.

Como se muestra en la gráfica 2.4, el análisis comparativo de los polos de formación de estos tres períodos se observó que, además de México, los polos de formación de los

investigadores del SNI, se remiten a seis países: Estados Unidos, Francia, España, Alemania, Gran Bretaña y Canadá.

¿Cómo fueron reconocidas las trayectorias de formación de estos investigadores dentro de la escala de valores del SNI? Los trabajos de Grediaga y Maldonado (2010, 2012) también sirvieron para tener una idea sobre la calificación obtenida en función de los polos de formación, como se muestra a continuación:

*Gráfica 2.5. Calificación de los miembros del SNI 2010 por área.*



Fuente: Elaboración propia con base en el análisis del SNI 2010.

Es interesante observar que dentro de los niveles más altos del SNI -nivel 2 y 3- se encuentran aquellos investigadores que desde un inicio tenían una fuerte relación con el extranjero y que a lo largo del tiempo se han consolidado. Me refiero a los investigadores del área de: Físico- Matemáticas, Biología-Química y Ciencias Sociales, presentes de manera significativa en todos los niveles de valoración del SNI. Ahora valdría la pena preguntarse: ¿Dónde trabajan los investigadores que se encuentran en la cima de la élite científica mexicana y que fueron formados en el extranjero? ¿Cuáles fueron los cambios que se produjeron dentro los espacios donde laboran los investigadores miembros del SNI luego de la puesta en marcha de las políticas de CyT? ¿De qué manera los cambios en el SES y en las reglas de operación de las Universidades han influido en el posicionamiento de los investigadores dentro de la valoración del SNI?

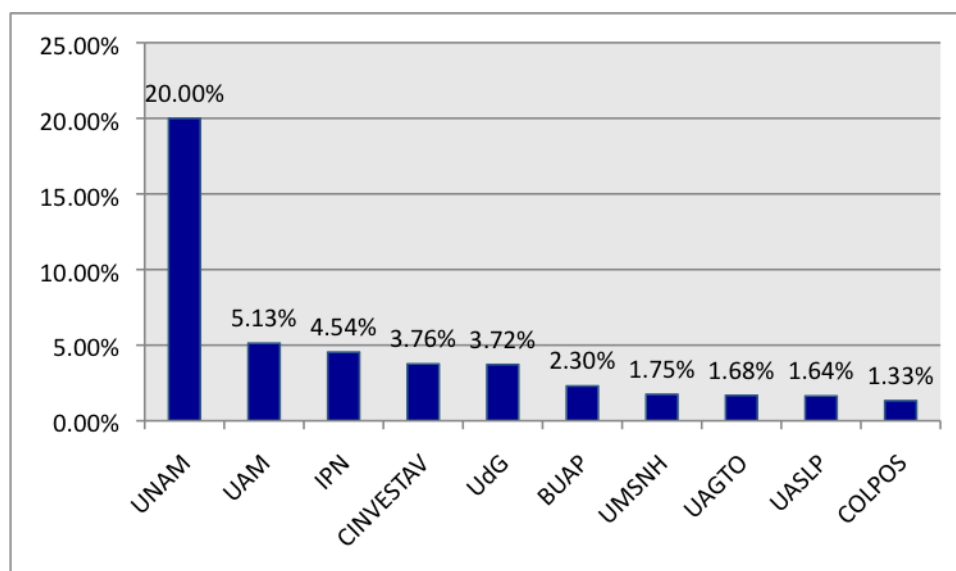
## **2.6. Las políticas científicas y las trayectorias profesionales de los investigadores: entre consolidación disciplinaria y marcos regulatorios**

Los datos de la base de SNI no solamente aportan información sobre las trayectorias formativas, sino también sobre los lugares donde trabajan los investigadores.

En efecto, al cruzar los datos de la información reportada recientemente por los 18,556 investigadores registrados en la base SNI 2012<sup>34</sup> en función de las instituciones donde laboran los investigadores se observa una clara concentración de investigadores en instituciones con una larga tradición como es el caso de la UNAM donde se encuentran el 19.82% del SNI, el IPN con el 4.52% y el CINVESTAV con un total de 698 investigadores registrados en el SNI 2012, lo que equivale al 3.76%.

De igual manera se puede observar la presencia de IES como: la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) con 5.13%, la Universidad de Guadalajara (UdG) con 3,72%, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) con 2.30% y el COLPOS con 1.33%, como se observa en la gráfica siguiente:

*Gráfica 2.6. Instituciones con mayor porcentaje de Investigadores SNI en 2012*



Fuente: Elaboración propia con base al análisis del SNI 2012.

¿Cuáles son las características que poseen las instituciones que tienen mayor número de investigadores registrados en la base de datos 2012 del SNI? Antes de contestar esta pregunta, es necesario anotar que los investigadores registrados en la base de SNI 2012,

<sup>34</sup> El dato de 18,556 corresponde a aquellos investigadores que se registraron hasta diciembre 2012.

no solamente se encuentran en IES públicas, también se mostró una presencia importante en IES privadas y en organismos paraestatales.

Por ejemplo dentro de las IES privadas se encuentra el Instituto Mexicano de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) con 263 investigadores registrados en este sistema lo que corresponde al 1.42% de los investigadores miembros del SNI 2012; a la Universidad Iberoamericana (UIA) con 107 (0.58%) investigadores y la Universidad de las Américas campus Puebla (UDLA) con 61 investigadores lo cual porcentualmente corresponde respectivamente al .33%. También se observa la presencia de investigadores en organismos paraestatales como el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) con 173 (0.93%) y el Sector Salud con 1,276 Investigadores, lo cual representa porcentualmente el 6.88%. En cuanto a los Centros CONACYT la suma de ellos asciende a 1,109 lo cual porcentualmente equivale al 5.98%, pero en ellos una importante proporción de sus investigadores (por arriba de la media para el conjunto de la población, pertenece al SNI.

Estas cifras significan el cambio en la reconfiguración del SES, pues como lo menciona Arancibia (2012) en su análisis sobre la descentralización de los centros de investigación en México, a medida en que los colectivos de investigación de las instituciones con mayor tradición se fueron consolidando, también se produjo una evolución en el SES, tanto a nivel disciplinario como a nivel regulatorio. Como se ha comentado anteriormente, las estrategias de planeación creadas por el CONACYT desde los años 70's empezaron a generar en los años 80's. Estos cambios se observaron a través de la implementación de reglas competitivas dentro y entre las IES para la asignación de recursos financieros a través de concurso en base a proyectos de investigación; lo que favoreció, en gran parte, a las instituciones descentralizadas y de nueva, creación creadas con estructuras burocráticas más flexibles.

Recordemos que a la par de la creación del CONACYT, también empezaron a surgir una serie de instrumentos de planificación. Se aprobó la Ley para Coordinar y Promover el Desarrollo Científico y Tecnológico en 1998, con lo que el tema de la Ciencia y la Tecnología sería parte de la agenda de gobierno. También se fundó la Comisión para la Planeación del Desarrollo Científico y Tecnológico con la cual se delinea el quehacer científico en tres rubros.

Como ya lo mencioné anteriormente, la formación de cuadros ha sido una de las tareas sustantivas del CONACYT, en esta sección me centraré en observar cómo las estrategias de este organismo, concernientes a la evaluación del sistema y a la descentralización de

los espacios de CyT, han influido en la consolidación de las trayectorias profesionales de los investigadores miembros del SNI.

De acuerdo con Fuentes Molinar (1989) la reducción de los recursos públicos destinados a las universidades ocurrió en forma paulatina. Primero el otorgamiento del financiamiento a las universidades se concedía en función del número de estudiantes atendidos. Más adelante, a partir de los años 80, la distribución de los recursos se asoció con los procesos de acreditación, el éxito relativo de las organizaciones en la competencia para proveer servicios de docencia y obtener recursos adicionales para el desarrollo de la investigación. Estos cambios, como señalaban Daniel Cazés, Eduardo Ibarra y Luis Porter (2000), llevaron a una transformación en las funciones y a las formas de organización del SES. En este apartado hablaré de tres procesos que, a mi juicio, incidieron en el cambio en las prácticas de los investigadores: los procesos de acreditación, los programas de fortalecimiento del posgrado (PNPC) y la descentralización de la oferta educativa.

#### *a) Los procesos de acreditación de las IES*

A principios de los años 80 inició el proceso de acreditación de las IES, como una estrategia para comprobar la calidad de la educación. Desde el inicio los procesos de acreditación estuvieron apoyados por organismos internacionales como la UNESCO y la OCDE.<sup>35</sup> En Estados Unidos y Australia, por ejemplo, las acreditaciones, además de demostrar el nivel del cumplimiento de los estándares de calidad, funcionan como parámetros para la asignación de recursos extraordinarios.

La tendencia de llevar a cabo procesos de evaluación no fue privativo de México, anteriormente, en 1963, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) organizó un seminario en Frascati, Italia, del cual surgió la primera metodología para estandarizar la medición del desarrollo científico a partir de indicadores.<sup>36</sup> Además de la publicación de este documento, la OCDE recomendaba a los países miembros apoyar la educación superior y la investigación, ya que de ella *depende el desarrollo económico de las naciones* (OCDE, 1963: 30).

Si bien es cierto que México se incorporó a la OCDE a partir de 1994, la metodología Frascati, sirvió como referente para la creación de indicadores nacionales y también para

---

<sup>35</sup> Véase COPAES (2000) *Manual de Procedimientos para el Reconocimiento de Organismos Acreditadores de programas académicos de Nivel Superior*. Consulta 2006 en: [http://www.copaes.org.mx/documentos/Documentos/2\\_Manual\\_procedimientos.pdf](http://www.copaes.org.mx/documentos/Documentos/2_Manual_procedimientos.pdf).

<sup>36</sup> Se entiende por Indicadores a las medidas objetivas, usualmente cuantitativas, que permiten dar cuenta de las tendencias y las variaciones educativas con respecto a una meta o una unidad de medida esperada.



construir un lenguaje común en términos de medición del desarrollo de la ciencia y la tecnología a nivel mundial. Los ejes de los indicadores han ido cambiando a lo largo de los años pero la lógica es semejante: en función de las acciones o *input*, se miden los resultados (*output*).<sup>37</sup>

En México este mecanismo de aseguramiento de calidad arrancó el 7 de noviembre de 1989 con la instalación de la Coordinación Nacional para la Planeación de la Educación Superior (CONPES) y con la puesta en marcha por la Comisión Nacional de Evaluación de la Educación Superior (CONAEVA). Esta comisión fue encargada del diseño de un sistema nacional para evaluar la educación superior en función de términos como calidad, excelencia, pertinencia, evaluación, planeación y productividad académica. La CONAEVA estuvo apoyada por un primer programa estratégico del gobierno federal: el Fondo para la Modernización de la Educación Superior (FOMES) creado en 1990 y, más adelante, remplazado por el Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI).<sup>38</sup>

En 2013 existen 2810 programas acreditados por COPAES en toda la República. De éstos las IES públicas con mayor número de programas acreditados son la UNAM con 3.63% del total de los programas acreditados por COPAES, la UdG con 3,13% y la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) con 2,93% programas acreditados.

Este tipo de mecanismos han servido para que, instituciones públicas con pocos apoyos financieros, puedan entrar a la bolsa que ofrece el PIFI. Tal es el caso de los institutos tecnológicos regionales, los cuales tienen en su conjunto 547 programas acreditados; esto es: 19.47% del total de COPAES y las universidades estatales como la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez con 26 programas acreditados (0.93%), como se muestra en la gráfica siguiente:

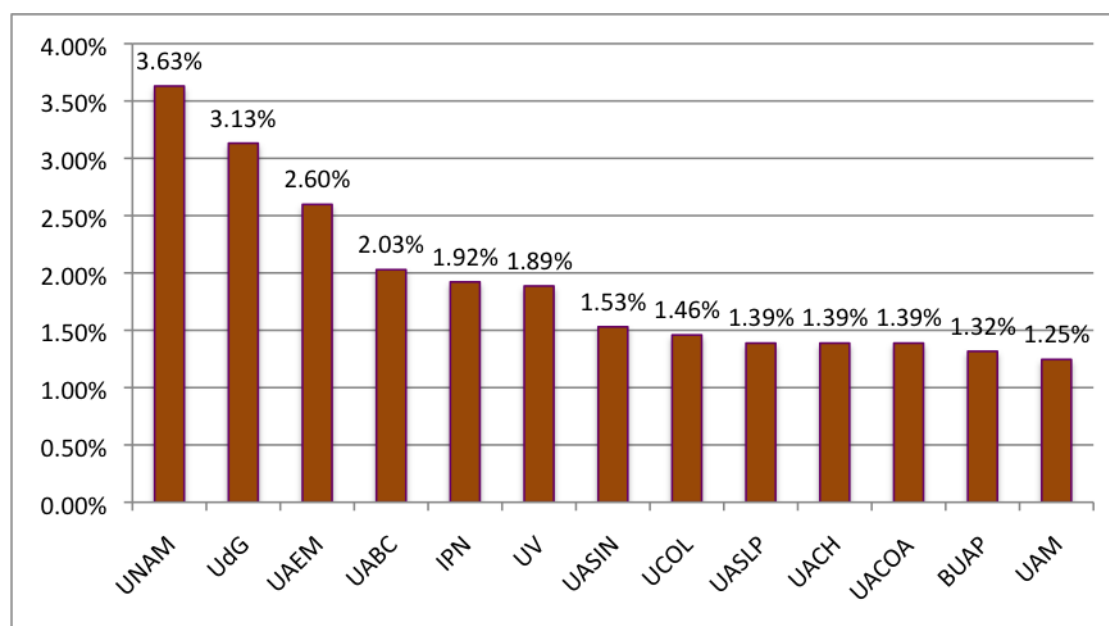
---

<sup>37</sup> Además de la metodología Frascatti, la OCDE publicó en 1997, con el título "Medición de las Actividades Científicas y Tecnológicas. Directrices propuestas para recabar e interpretar datos de la innovación tecnológica: Manual Oslo." Dicho Manual es un referente para el análisis y recopilación de datos en materia de innovación tecnológica sus alcances, tipos y el impacto en el desempeño de las organizaciones.

<sup>38</sup> Las líneas de acción gubernamental para este cambio del SES se encuentran plasmadas en Programa de Modernización Educativa (PME 1989 -1994) del presidente Carlos Salinas de Gortari en cuyo apartado 1, del capítulo destinado a la educación superior, se establecieron como principales objetivos los siguientes rubros:

- Mejorar la calidad de la educación superior para formar los profesionales que requiere el desarrollo nacional.
- Atender la demanda de la educación superior (...) asegurando la oportunidad de ingreso a los estudiantes que procedan de las regiones y grupos sociales más desfavorecidos.
- Fortalecer el sistema de coordinación y planeación nacional de la educación superior; orientar su actividad mediante un esfuerzo de evaluación y reordenación interna de las instituciones, con el apoyo sostenido del Estado.

*Gráfica 2.7. Instituciones con mayor porcentaje de programas acreditados por COPAES 2013*



Fuente: Elaboración propia en base a la información reportada por COPAES:  
[//www.copaes.org.mx/FINAL/inicio.php](http://www.copaes.org.mx/FINAL/inicio.php).

En el caso de las IES privadas también la acreditación ha servido como un portal de visibilidad, como es el caso de las universidades como la Universidad Anáhuac con 33 programas acreditados (1.12%), la UDLA con 36 programas acreditados (1.28%), la Universidad del Valle de México con 108 (3.84%), la UIA con 50 (1.78%) y el ITESM con 193 programas acreditados. Esta última institución privada con el mayor número de programas acreditados por COPAES: (6.87%).

#### *b) Fortalecimiento de los Programas de Posgrado Nacional*

El segundo programa importante en este período es el relativo a la formación de cuadros de alto nivel en territorio nacional. A partir del año 2000 la preocupación por la calidad de los posgrados y su regulación fue uno de los objetivos de la política oficial hacia el SES para incrementar la habilitación de los profesores en servicio y mejorar la calidad de la educación superior del país. Como se ha observado a lo largo de este trabajo los procesos de planeación estuvieron amarrados a la dupla: evaluación-asignación de recursos extraordinarios. En el caso de la consolidación del Posgrado de calidad, ésta no fue la excepción.

Primero a través del programa de FOMES y luego, en 2000, cuando integraron el FOMES, el PROMEP y los programas de apoyo a proyectos institucionales de infraestructura y

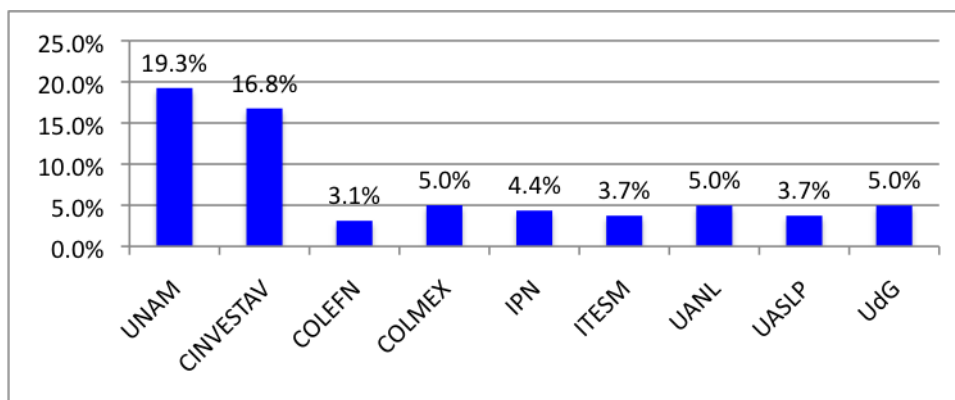
desarrollo bajo el esquema del PIFI, se establecieron como parte de los indicadores de avance en el desarrollo institucional la calificación de programas de licenciatura. En el caso de la licenciatura la evaluación está a cargo de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES); y en el caso del posgrado por el Programa Integral de Fomento al Posgrado (PIFOP), quien evalúa la habilitación del personal académico y la currícula de estos programas en las IES que los ofrecen.

Como cambios sustantivos, en este camino hacia la excelencia de los posgrados: la pertenecía al SNI de los académicos, la coherencia de los programas, la relación entre ingreso y egreso forman parte de la vigencia de un programa dentro del PNPC. De manera puntual, se estableció que los profesores que atienden programas de posgrado deben de contar con el grado académico de doctorado, un alto nivel de productividad científica y llevar a cabo una interacción académica dentro de redes nacionales e internacionales (García de Fanelli y cols., 2001).

En lo relativo a la distribución de becas para realizar estudios de posgrado, desde el 2001 el CONACYT restringió las becas al extranjero sólo para aquellos estudiantes admitidos en programas de instituciones reconocidas como de alta calidad en el extranjero, principalmente para realizar estudios de doctorado y en las áreas en las cuales el posgrado nacional está menos desarrollado. Lo que constituye uno de los factores que explican la modificación de la relación entre las becas otorgadas para realizar estudios en el extranjero y en el país (Tabla 2.4).

Cabe mencionar que dentro de los Posgrados de Calidad que se encuentran dentro del PNPC de investigación, existe una categorización de tipo incremental en función del nivel de consolidación del programa (programas en desarrollo, Consolidados y con Calidad Internacional) y también, uno de los requisitos del perfil de los investigadores que forman parte del PNPC es su pertenencia al SNI (Grediaga y López, 2012). En 2012, del total de Programas en el PNPC (1691). De éstos 34,2% (es decir 579) son Programas Consolidados y el 9.5% (161), lo constituyen los programas catalogados como de Competencia internacional.

*Gráfica 2.8. Instituciones con mayor porcentaje de Programas de Posgrado Competencia Internacional, PNPC en 2012*



Fuente: CONACYT. Informe 2012.

Como se observa en la gráfica anterior, entre las IES con mayor número de programas de posgrado dentro del PNPC –hasta el año 2012- se encuentran las instituciones ubicadas en la zona centro del país y con un tradición de larga data mayor con el extranjero como la UNAM, el CINVESTAV, el COLMEX, el IPN. También dentro de esta clasificación se encuentran instituciones como el COLMICH, la UdG, la Universidad de Nuevo León (UANL), la Universidad de San Luis Potosí (UASLP) y una institución de educación privada: el ITESM, todas ellas con un alto número de investigadores de tiempo completo registrados en el SNI 2012 (Tabla 2.12 *infra*) que se perfilan como polos de referencia en el Interior de la República.

*c) La descentralización del sistema y los nuevos polos de producción del conocimiento*

Hasta los años 90, en el Distrito Federal se concentraba tanto el personal calificado como los centros de investigación. Por ejemplo, en 1994, la UNAM concentraba el 30% del número de miembros del SNI, que en ese entonces contaba con 5, 789 integrantes. Igualmente absorbía el 18% de los recursos destinados por el Gobierno Federal al gasto en investigación y desarrollo experimental (I+D) y, también, el 21% de las becas nacionales (Herrera, 1971).

Al inicio del gobierno de Ernesto Zedillo, las autoridades del CONACYT elaboran el Programa Nacional de CyT (PECYT 1995-2000), documento que reconocía la necesidad de “*la descentralización de la actividad científica y tecnológica*” (PECYT 1995-2000:7). Esto se materializó con varias acciones que apoyaban el desarrollo de la CyT en el interior de la República Mexicana, entre ellas se encuentran:

- 1) La expansión del sistema de CyT a través de los Centros de investigación CONACYT.
- 2) El apoyo a la Investigación aplicada por medio de los sistemas Regionales de Investigación del CONACYT (SIRs).
- 3) El fortalecer los sistemas de CyT de los gobiernos estatales (Arancibia, 2013).

Tabla 2. 10. Investigadores consolidados por entidad federativa, 2012

Entidad	SNI 2	SNI 3	Número	Porcentaje
Aguascalientes	13	2	15	0.31%
Baja California	139	44	183	3.74%
Baja California Sur	42	15	57	1.17%
Campeche	8	1	9	0.18%
Coahuila	46	4	50	1.02%
Colima	17	4	21	0.43%
Chiapas	27	2	29	0.59%
Chihuahua	24	7	31	0.63%
Distrito Federal	1616	998	2614	53.43%
Durango	8	4	12	0.25%
Guanajuato	116	43	159	3.25%
Guerrero	2	0	2	0.04%
Hidalgo	11	0	11	0.22%
Jalisco	122	46	168	3.43%
Edo. de México	175	37	212	4.33%
Michoacán	107	33	140	2.86%
Morelos	175	92	267	5.46%
Nayarit	2	0	2	0.04%
Nuevo León	81	25	106	2.17%
Oaxaca	11	3	14	0.29%
Puebla	121	52	173	3.54%
Querétaro	73	43	116	2.37%
Quintana Roo	17	1	18	0.37%
San Luis Potosí	67	30	97	1.98%
Sinaloa	14	5	19	0.39%
Sonora	58	14	72	1.47%
Tabasco	4	1	5	0.10%
Tamaulipas	12	1	13	0.27%
Tlaxcala	6	3	9	0.18%
Veracruz	60	22	82	1.59%
Yucatán	74	21	95	1.94%
Zacatecas	21	4	25	0.51%
No especificado	42	24	66	1.35%

Fuente: Elaboración propia con base en análisis del SNI 2012.

En 2012, este escenario aún prevalece a nivel de habilitación, pues en la zona metropolitana de la Ciudad de México, se concentran aún el porcentaje mayor de los investigadores con más alto nivel en el SNI (nivel 2 y 3). Mientras que en el resto de la República Mexicana predominan los investigadores de nivel I y candidatos con un total de 13664, lo cual equivale a 73.64% del total de los investigadores miembros del SNI 2012.

De acuerdo con la tabla 2.10, la mayor concentración de investigadores se encuentra en la Zona Metropolitana, esto es Distrito Federal y Estado de México con un 42 %. Este panorama está en proceso de cambio. Tanto la UNAM y el CINVESTAV, por un lado y el CONACYT por otro lado, empezaron a descentralizar los espacios de producción de la ciencia. En el caso de la UNAM, los centros de investigación se encuentran ubicados en 25 entidades federativas.<sup>39</sup> Mientras el CINVESTAV instaló siete unidades de investigación en la República Mexicana: Guadalajara, Mérida, Irapuato, Saltillo, Querétaro, Monterrey y Ciudad Victoria.

Por su parte el CONACYT, recurrió al fortalecimiento y a la agrupación de instituciones a lo largo de la República Mexicana para crear nuevos polos de desarrollo científico. Actualmente los Centros CONACYT, son 27 instituciones de investigación que abarcan los principales campos del conocimiento científico y tecnológico. Según sus objetivos y especialidades se agrupan en tres grandes áreas: 10 de ellos en ciencias exactas y naturales, 8 en ciencias sociales y humanidades, 8 más se especializan en desarrollo e innovación tecnológica, y uno en el financiamiento de estudios de posgrado. Dentro de estos centros se encuentran 585 investigadores consolidados (Nivel 2 y 3) La mayor concentración de investigadores se encuentran en el área de ciencias exactas y naturales:

Tabla 2.11. Porcentaje de investigadores consolidados en los Centros de investigación CONACYT en 2012.

Áreas	Porcentaje
Ciencias Exactas y Naturales:	57%
Ciencias Sociales y Humanidades	33%
Desarrollo Tecnológico	10%
Total SNI 2 y 3	585

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis del SNI 2012.  
Tabla 1 completa en Anexo.

<sup>39</sup> Esta Casa de Estudios tiene presencia tanto en territorio Nacional como en el extranjero. En la Zona Metropolitana cuenta con seis campus, diecisiete escuelas y cinco polos de desarrollo regional en Michoacán, Querétaro, Morelos, Baja California y Yucatán. En el extranjero tiene cuatro polos de desarrollo en los Estados Unidos, uno en Canadá y otro en España.

La conjunción de recursos económicos, oferta educativa de alta calidad, instalaciones de alto nivel y profesores-investigadores con calificación en el SNI, ha creado como consecuencia nuevos polos de producción de conocimiento a lo largo de la República Mexicana.

En opinión de Arancibia (2013), muchos de estos cambios están asociados a los cambios en la cúpula del poder. En efecto, después de 70 años de gobierno priista, en el año 2000, se crearon las condiciones para una mayor participación de las comunidades científicas en la toma de decisiones. Por ejemplo la Ley de CyT del 2002, sustituyó a la Ley de fomento de la investigación en CyT de 1999, con lo cual se logró la creación de nuevos espacios de diálogo y consulta como el Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico y el Foro Consultivo Científico y Tecnológico y la Confederación de CyT.

### **2.7. Las políticas científicas y la construcción de las redes de colaboración**

El establecimiento del trabajo en red forma parte de la dinámica propia de las disciplinas. En el caso de México, la asociación con especialistas, a nivel nacional e internacional, ha servido para la creación de trabajos de colaboración a gran escala y, en consecuencia, a la consolidación de los colectivos.

En el caso de los colectivos de gran tradición y consolidación en México, dos eventos me parecen importantes mencionar para iniciar la discusión sobre las redes de colaboración antes de la puesta en marcha de políticas relativas a este tema. El primero, de orden internacional, se refiere al desarrollo de la Astronomía en México. Disciplina encuadrada en el área I: de Físico Matemático y Ciencias de la Tierra en la clasificación del SNI.

El desarrollo de la Astronomía tiene que ver con los lazos de trabajo que se establecieron en 1887, entre un grupo de astrónomos mexicanos y el proyecto internacional de la *Carte du Ciel*, propuesto por el Observatorio de París y la Academia Francesa de las Ciencias. De acuerdo con Bartolucci (2000), en el desarrollo de la Astronomía en México coincidieron varios elementos entre los cuales el interés científico, la búsqueda de financiamiento, la ocurrencia de eventos astrales como el paso de Venus por el círculo Solar, la relación de las comunidades científicas mexicanas con el exterior y la afinidad ideológica que había en ese entonces en los gobernantes hacia los proyectos europeos (época de gobierno de Porfirio Díaz) contribuyeron a establecer lazos de investigación de larga data en el ámbito de la Astronomía. En palabras de los investigadores que apoyaban este proyecto el argumento principal era: “*precisamente que así México lograría integrarse en el concierto de las naciones cultas*” (Bartolucci, 2000:67).

El segundo ejemplo de trabajo colaborativo, se refiere a los análisis bibliográficos presentados por Collazo (2012), sobre previo a la existencia de políticas expresas en este sentido, serían las coautorías entre 1900 a 1950 en el área de Medicina, trabajos publicados en las revistas científicas de mayor prestigio como: La Revista de Investigación Clínica, Archivos de Cardiología, Ciencia, Anales del Instituto de Biología, Boletín del Instituto de Química y el Boletín de la Sociedad Matemática Mexicana. Cabe mencionar que todas estas publicaciones forman parte hoy en día del Science Citation Index.<sup>40</sup>

Tabla 2. 12. Primeras coautorías de investigadores mexicanos 1900 -1950

No.	Disciplina	Autores por disciplina	Componentes de colaboración	No. máximo de componentes	No. mínimo de componentes	1 autor
1	Bioquímica	51	13	6	2	8
2	Física	47	9	4	2	19
3	Química	54	8	13	2	15
4	Biología	26	5	5	2	12
5	Geociencias	26	1	3	-	23
6	Ingeniería	20	3	2	-	14
7	Medicina	122	30	6	2	27

Fuente: Collazo, Luna y Vélez (2010).

De acuerdo con el análisis bibliográfico presentado por Collazo, entre 1900 y 1950 el tema de la salud era un tema prioritario para México. La estructura organizacional de la ciencia mexicana moderna se construyó en la década de los años 30 y 40, principalmente durante los gobiernos de Lázaro Cárdenas (1934-1940) y Manuel Ávila Camacho (1940-1946). Durante estos períodos se crearon diferentes instituciones y dependencias importantes en los distintos sectores de salud, gubernamental, industrial y de educación superior e investigación, comprometidos con la enseñanza y construcción de espacios para el desarrollo de las prácticas de investigación. Se fundaron entidades con objetivos orientados al desarrollo de la CyT a través de programas de financiamiento para la investigación y la formación de recursos humanos. Las comunidades académicas y de investigación intensificaron los mecanismos de interacción entre colegas a través de: *“la formación de académicos, asociaciones y sociedades científicas, como espacios tradicionales de promoción de la discusión académica y el establecimiento de relaciones de colaboración científica”* (Collazo, 2012:144). Como resultado de estos trabajos se

<sup>40</sup> Al igual que SCOPUS el Science Citation Index (SCI) es una base de datos documental donde se encuentran todas las contribuciones (artículos, editoriales, reportes de investigación, por ejemplo.) que se puedan publicar en las revistas de CyT indexadas por Thomson Reuters. Esta base también se le conoce como ISI ya que en un principio la institución que producía el índice era el Institute for Scientific Information (ISI), fundado para efectos documentales en 1960.



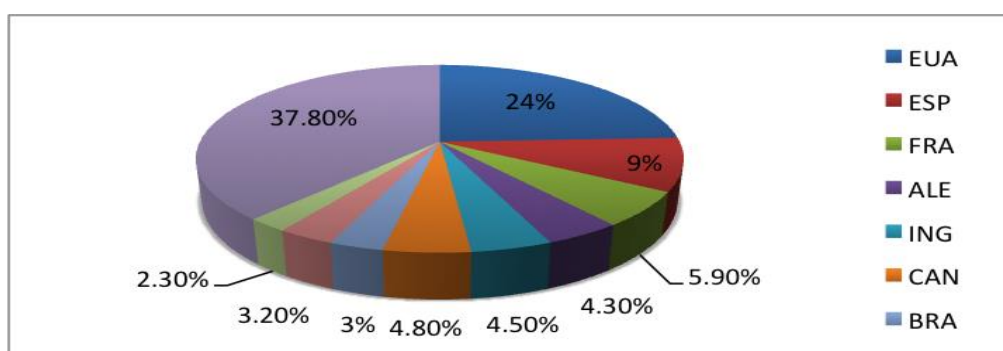
llevaron a cabo varias publicaciones, que muestran comunidades donde el trabajo en equipo es más relevante (Tabla 2.12).

Con base en la experiencia de estos trabajos de colaboración, que se establecieron al margen de cualquier política pública, hoy en día se considera indispensable la articulación de los integrantes de las comunidades científicas nacionales con sus pares en otras latitudes, por el valor estratégico que esto representa en cuanto a la suma de: insumos, esfuerzos, equipo y conocimientos. Como lo muestran los ejemplos mencionados, las redes de colaboración surgen de la articulación de investigadores interesados en un mismo problema u objeto de estudio que trabajan en distintos espacios institucionales, campos del saber o polos de conocimiento. De acuerdo con Casas (2001), los investigadores y los objetivos de las redes pueden asociarse con múltiples intereses:

- a) avanzar en el conocimiento del objeto de estudio,
- b) intercambiar resultados y perspectivas para construir nuevas estrategias de observación o comparación,
- c) compartir instrumentos o la búsqueda conjunta de financiamiento,
- d) contribuir en la formación de capital humano de alto nivel en el campo,
- e) hasta, posicionar a los egresados en ámbitos claves para el desarrollo y reproducción de la ciencia.

En el caso de la creación de las redes, éstas han existido siempre de manera informal entre los investigadores que mantienen acuerdos personales con sus colegas para llevar a cabo proyectos de colaboración, muestra de ello son los artículos científicos. De acuerdo con el informe CONACYT de 2007 a 2011, los principales países con los cuales los investigadores mexicanos realizan publicaciones e intercambios de avances de investigación, son Estados Unidos (24%), España (9%) Francia y Alemania, con 5,9% y 4.3% respectivamente.

*Gráfica 2.9. Principales países de los coautores de los científicos Mexicanos 2007-2011*



Fuente: Elaboración propia en base al Informe CONACYT 2011: 71.

De acuerdo con la literatura al respecto (Gutiérrez, 2009; Casas, 2003; Knorr Cetina, 2005; Lobato, 2009, por ejemplo) la base del establecimiento de redes está sustentado en acuerdos personales, ya sean por parte de los científicos, de las autoridades de las instituciones o de los tomadores de decisiones, muchos de ellos llegan a institucionalizarse a través de convenios de colaboración. A nivel estadístico, en el caso de México, actualmente se encuentran registrados 202 convenios, internacionales, dentro de los cuales las principales colaboraciones se han establecido con Alemania, Francia y Estados Unidos, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 2.13. Proyectos de investigación bilaterales, 1995 a 2012.

País	1995	2000	2005	2010	2011	2012 <sup>E</sup>	Total	Porcentaje
Francia	70	105	72	59	55	61	422	14.88%
Alemania	6	39	17	39	26	29	156	5.50%
Estados Unidos	43	29	7	11	12	12	114	4.02%
España	17	26	18	0	9	0	70	2.47%
Reino Unido	12	6	0	0	0	0	18	0.63%
Resto del Mundo	45	118	80	96	96	100	535	18.86%
<i>Total Bilaterales</i>	341	323	194	205	199	202	2836	100.00%

Fuente: INEGI. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=19007>

Revisando esta tabla, es interesante observar que el país con el cual han existido un mayor número de convenios de este tipo es Francia. El segundo país es Alemania y el tercero es Estados Unidos. Este último, después de estar en segundo lugar en 1995, en el establecimiento de convenios bilaterales, ha disminuido su participación año con año.

Desde el punto de vista de la enseñanza de las lenguas extranjeras este hecho resulta paradójico cuando se piensa que en el sistema educativo en México (desde la escuela primaria hasta el posgrado) se jerarquiza la enseñanza del inglés sobre otros idiomas sin considerar que las relaciones de larga data, como se ha mostrado en trabajos anteriores (Maldonado, 2011, 2013) resultan de la confluencia de los temas de interés, la comprensión de las cuestiones culturales y el dominio de las lenguas extranjeras. También, desde el punto de vista de la dinámica de los grupos internacionales sería interesante estudiar los factores que inciden en el establecimiento de redes internacionales y los resultados de éstas. Por el momento los datos estadísticos sobre los convenios internacionales y los datos sobre el factor de impacto internacional de las publicaciones científicas resulta un elemento interesante para dar cuenta de las formas visibilidad del

quehacer científico. A este respecto presento la siguiente tabla las publicaciones científicas, donde se observa que las publicaiones mexicanas están en la media Mundial, con un factor de impacto de 3.3.

Tabla 2.14. Factor de Impacto de los artículos publicados por país en revistas internacionales 1990-2011

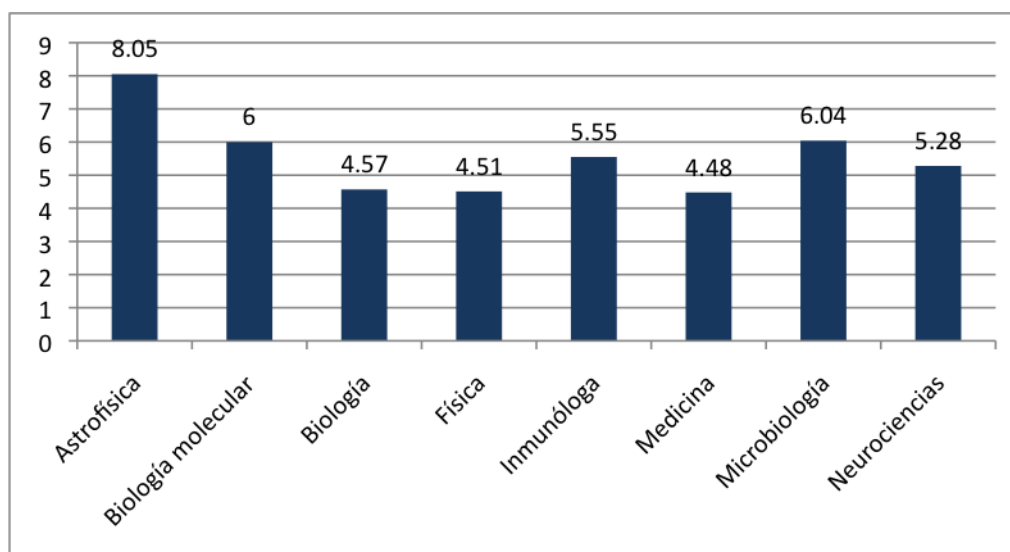
País	90-94	07-11 <sup>E</sup>
Estados Unidos	5.1	7.16
Alemania	3.6	6.68
Inglaterra	4.1	6.61
Canadá	3.5	5.83
Francia	3.5	5.52
Argentina	1.7	3.61
<b>México</b>	1.7	3.3
Venezuela	0.7	3.23
Brasil	1.6	2.62
Colombia	2	2.51

Fuente: Datos tomados de INEGI.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=19007>

De éstas, las publicaciones mexicanas por área que tienen mayor impacto a nivel Mundial son las disciplinas relacionadas con Física y Biología, mientras que las que tienen un menor impacto son: Ciencias Sociales, Economía y Matemáticas (Ver tabla 2 con información completa en el Anexo).

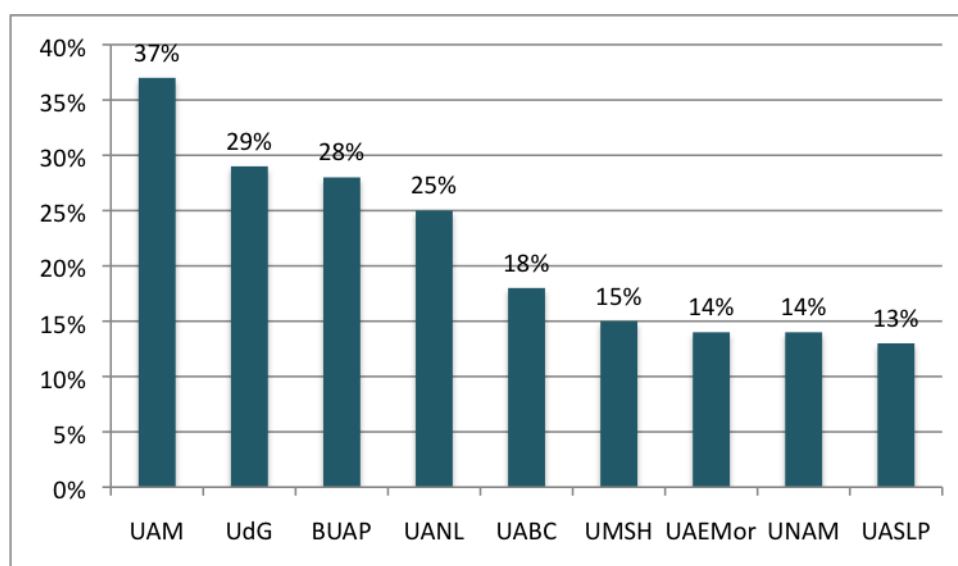
Gráfica 2.10 Factor de impacto de las Publicaciones Mexicanas por área durante 2011



Fuente: Elaboración propia en base a información reportada por INEGI. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=etec30&s=est&c=19166>.

También, a nivel nacional, el PROMEP inició la institucionalización de las redes de colaboración de investigadores con los colegas de la institución de adscripción, y más adelante con los colegas de otras instituciones, como una estrategia del gobierno federal para la asignación de recursos y la obtención de resultados en función de líneas de investigación estratégicas. Estas redes institucionalizadas se conocen con el nombre de Cuerpos Académicos (CA).

*Gráfica 2.11 Instituciones con mayor porcentaje de Cuerpos Académicos Consolidados en 2012*



Fuente: Elaboración propia en base al Informe PROMEP 2012.

De acuerdo con los lineamientos iniciales del PROMEP: los CA son una red institucionales de profesores-investigadores que comparten una o más líneas de estudio, cuyos objetivos y metas están destinados en la generación y/o aplicación de nuevos conocimientos. En función de la producción y el perfil de los integrantes del SNI (en número y calificación) estos CA están clasificados en tres rubros: *en Formación*, *en Consolidación* y *Consolidados*.

Según los datos presentados por el PROMEP en 2003 existían 2,971 CA, clasificados como CA en formación. 7% en Consolidación y 2% CA Consolidados. En 2012, estas cifras incrementaron: a 3,905 CA de los cuales el 28,9% se encuentra en proceso de consolidación y el 18 % ya son CA consolidados; esto es 215 CA consolidados. De estos, las IES con mayor número (gráfica 2.1) son: la UAM, con 80 CA Consolidados, quien aprovechó la figura interna del trabajo colegiado a nivel interno, las áreas de investigación, para mudarse a la figura CA. Como se mostró en Maldonado (2006), en un inicio, en esta

institución, el proceso de adaptación llevó a confusión de las tareas como a la presentación de los productos, como lo mencionó en su momento un investigador de la UAMI:

*De repente y de golpe, que creo que es un intento de reforma, sacaron lo de cuerpo académico, y yo para ser franco, y lo he escuchado en otros profesores, tampoco entendemos cuál es la diferencia entre CA y área de investigación. Yo soy jefe de un área de investigación y a la vez de un CA. Tengo entendido que con el CA, es de donde se van a canalizar los apoyos del PROMEP, y la idea es que cada uno de nosotros dependa de los apoyos externos a la institución y que esas instancias externas nos estén controlando a los académicos y controlen nuestras actividades de investigación. (Profesor investigador de la DCSH-UAMI. Fecha de entrevista: Octubre 2005 (Maldonado, 2006:84))*

En todos los casos, la integración de CA ha sido vista como una estrategia institucional de sobrevivencia para acceder a fondos gubernamentales, realizar proyectos en conjunto, y obtener una mayor visibilidad como individuos, grupos e instituciones.

Más adelante, la idea organizar las redes de investigación pasó a rango nacional. En efecto, para atender temas prioritarios surgió en 2002 bajo la fórmula de Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación en la Ley de CyT.<sup>41</sup> De acuerdo con esta Ley los arreglos -antes- personales de los investigadores se convierten en un entramado más complejo donde la construcción de una red supone la participación de investigadores provenientes de varios centros de investigación, que deben cumplir ciertos protocolos y estándares de calidad y estar organizados bajo líneas temáticas prioritarias –dictadas por CONACYT- para poder acceder a bolsas de financiamiento estatal.

En la conformación de una red se evalúa: el desempeño o la trayectoria individual e institucional, los resultados en la investigación, la docencia y la eficacia de la organización institucional interna y externa, por ejemplo, para poder asignar los recursos necesarios y llevar a cabo el quehacer científico.<sup>42</sup> Un ejemplo de estas líneas temáticas se muestra en la tabla 2.15.

---

<sup>41</sup> De acuerdo con el Artículo 30 de la Ley de CyT, aprobada en 2002 y reformada en 2011 el CONACYT promoverá la conformación y el funcionamiento de una Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación. Dicha Red tendrá por objeto definir estrategias y programas conjuntos, articular acciones, potenciar recursos humanos y financieros, optimizar infraestructura, propiciar intercambios y concentrar esfuerzos en áreas relevantes para el desarrollo nacional, así como formular estudios y programas orientados a incentivar la profesión de investigación, fortalecer y multiplicar grupos de investigadores y fomentar la movilidad entre éstos; proponer la creación de nuevos grupos y centros y crear redes en áreas estratégicas del conocimiento. A esta Red se podrán adscribir voluntariamente grupos y centros de investigación públicos, sociales y privados, independientes o pertenecientes a las instituciones de educación superior. [www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/doc/242.doc](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/doc/242.doc)

<sup>42</sup> Dependiendo del tamaño de la Red se le otorga un financiamiento diferenciado para: gastos de administración, gestión de recursos, adquisición de infraestructura, asesoría académica (investigadores invitados) y Movilidad: intercambio dentro de la red.

Tabla 2.15 Redes Temáticas 2011

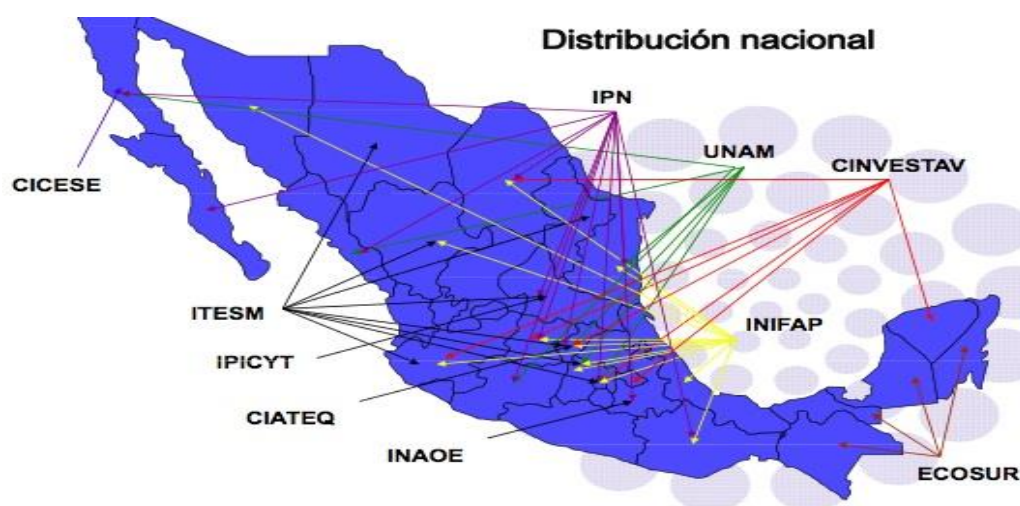
Redes temáticas conformadas	
1. Agua	11. Modelos Matemáticos y Computacionales
2. Código de Barras de la Vida	12. Ecosistemas
3. Complejidad, Ciencia y Sociedad	13. Pobreza y Desarrollo Urbano
4. Física de Altas Energías	14. Red Mexicana de Materia Condensada Blanda
5. Fuentes de Energía	15. Envejecimiento, Salud y Desarrollo Social
6. Medio Ambiente y Sustentabilidad	16. Robótica y Mecatrónica
7. Nanociencias y Nanotecnología	17. Desastres Asociados a Eventos Hidrometeorológicos y Climáticos
8. Nuevas Tendencias de la Medicina	18. Etnoecología y Patrimonio Biocultural
9. Alimentos, Agricultura y Biotecnología	19. Investigación Científica y Tecnología Espacial
10. Tecnologías de la Información	20. Sociedad Civil y Calidad de la Democracia

Fuente: Tomado de Informe CONACYT 2011:7.

Además, de que el tema de investigación se encuentre encuadrado en los ejes prioritarios, las instituciones y los individuos deben de tener vínculos con instituciones nacionales e internacionales y con otros agentes económicos, productivos y sociales para el apoyo, la transferencia y aplicación de los conocimientos.

¿Quiénes son aquellos investigadores e instituciones que participan en este tipo de redes? Con base en la información del CONACYT en 2011, las instituciones con mayor participación en redes temáticas es el siguiente:

Mapa 2.3 Redes Temáticas 2011



Fuente: Tomado de Informe CONACYT 2011.

Esta dinámica de redes de colaboración no es exclusiva de México, sino que es una práctica recurrente a nivel internacional y regional para agrupar esfuerzos, reunir recursos financieros y resolver problemas de orden global, en grandes consorcios de investigación

conocidos también como proyectos de Big Science. Tal es el caso, a nivel regional, de la Red Hemisférica Interuniversitario de Información Científica y Tecnología de América Latina, creada en 2003 para apoyar la interacción entre los colectivos de investigación a nivel regional.<sup>43</sup>

Además de estas estrategias para reagrupar insumos, esfuerzos y habilidades que cambian las prácticas para generar conocimiento, cabe mencionar que el cambio en las reglas establecidas para la evaluación de las IES, los programas académicos y la conformación de las redes, han provocado un cambio significativo en las trayectorias de los investigadores mexicanos. Si en un principio la pertenencia al SNI representaba la adjudicación de un reconocimiento por los pares de una trayectoria profesional y escolar exitosa ahora, la pertenencia a este sistema es requisito indispensable para ingresar al mercado laboral.

Como se verá más adelante, dentro de los requisitos para ingresar a un centro de investigación especializado o a una IES es necesario contar – al menos- con el nombramiento de Candidato a investigador para poder postular por un puesto de trabajo. Lo cual genera, como se verá más adelante, una arena de conflicto entre aquellos investigadores que quieren ingresar al sistema y aquellas instituciones que –a fin de no invertir tiempo en la consolidación de un investigador- condicionan la entrada a los espacios de trabajo en base a reglas cada vez más estrictas y difíciles de cumplir a los jóvenes investigadores.

Con la información recolectada hasta el momento, se muestra en la tabla 2.12 presento las IES y centros de investigación donde se concentran el mayor número de miembros SNI, oferta educativa de alta calidad, infraestructura y publicaciones arbitradas en el sistema de citación SCOPUS 2012. Todo ello en base a las páginas institucionales y a los informes anuales de cada institución en 2012.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> Red Hemisférica Interuniversitario de Información Científica y Tecnología de América Latina: [http://www.redhucyt.oas.org/webesp/redav/redes\\_av.htm](http://www.redhucyt.oas.org/webesp/redav/redes_av.htm)

<sup>44</sup> Este tipo de información también ha sido objeto de estudio del ISUE –UNAM Ver: Ordorika Sacristán, Imanol et. al (2008 y 2009); Rodríguez Gómez, Roberto (2006 a - 2006 b). La información actualizada sobre estos estudios se encuentra en: <http://www.ecum.unam.mx/>.



Tabla 2.16 Características de los principales centros de investigación en México 2012.

Nombre y Fecha de creación	Total alumnos posgrado	Miembros SNI	Programas de posgrado en PNPC	Artículos en SCOPUS	Infraestructura
UNAM 1929	26,878	3678 56.88% de un total 6 466 PTC	Total 91 53 Maestría 38 Doctorado	2 802	13 facultades 31 institutos presencia en 25 entidades federativas
CINVESTAV 1961	3000	698 99.71% de un total de 700 PTC	Total 59 33 Maestría 36 Doctorado	719	84 centros en DF y entidades federativas
IPN 1936	6422	842 10.33% de un Total de 8,157 <sup>45</sup> PTC	Total 82 67 Maestría 35 Doctorado	558	6 unidades Académicas 4 centros de Investigación
Centros SEP CONACYT	8,140	1109 76% de un total de 1460	104 22 Maestría 82 Doctorado	2, 261	27 instituciones de investigación
UAM 1974	1, 048	952 36.75% de un total de 2 663 PTC	Total 62 41Maestrias 21 Doctorado	619	5 Unidades Académicas
UdG 1925	3,073	690 22.64% de un total de 3 058 PTC	Total 107 78 Maestría y 29 Doctorado	248	15 Centros universitarios
UANL 1933	4799	505 16,71%de un total de 3023 PTC	Total 89 Maestría 36 Doctorado 33	277	27 Centros de investigación
UV 1944	1557	313 60.54% de un total de 517 PTC	Total 66 44 Maestría 22 Doctorado	6	74 Facultades. 7 Institutos y 24 centros de investigación

Fuente: Elaboración propia en base a la información publicada en las páginas institucionales, informes anuales de actividades 2012 y a las publicaciones que aparecen en SCOPUS 2012 (Diciembre).

Como se vio a lo largo de este capítulo, 1970 marca una fecha importante en la posición del Estado frente al desarrollo de la CyT. Las presiones de los colectivos de investigación, de la AMC, la influencia de las reformas del sistema propuestas por instancias internacionales como la OCDE y la necesidad de atender temas prioritarios, la fuga de cerebros, aunado al descontento generado por el movimiento estudiantil de 1968, coincidieron con la idea del Estado de legislar el desarrollo de la CyT.

<sup>45</sup> Se considera en este rubro a los investigadores asignados al nivel superior (9976) y de posgrados y a los centros de investigación (1130), de los cuales sólo tienen nivel posgrado: maestría y doctorado vigentes en 2012, de estos solo 8, 157 son PTC. De todos los niveles según informe anual de actividades del IPN.



En 1970 se promulga la Ley para Promover el Desarrollo y la Planeación de la CyT y con ella el organismo que se hará cargo en atender los asuntos relacionados con este tema. Básicamente: la formación de cuadros, la construcción de la infraestructura y la planeación de las actividades para el desarrollo de la CyT.

En un primer momento la formación de cuadros en el extranjero resultó fundamental para la consolidación de la masa crítica. Más adelante los programas como PROMEP y PNPC fortalecieron la educación superior y México se convirtió en el polo principal de formación de investigadores a nivel doctorado. En este proceso, la evaluación y ordenación del sistema resultó indispensable para contar con la infraestructura competitiva en el rubro de desarrollo científico. Dentro de este escenario, la creación del SNI, como una forma de legitimar el quehacer científico se convirtió en referente en varios ámbitos:

- Para legitimar las trayectorias de formación de los investigadores que realizaron sus estudios en el extranjero.
- Para la evaluación de los académicos en base a productos (ejemplos: PRIDE en la UNAM y el Programa de Estímulos de Becas de la UAM).
- Para la asignación de recursos a las instituciones en base al número de investigadores dentro del SNI (acreditaciones COPAES).
- Para la creación e inserción de los programas de posgrado en el PNPC y de calidad Internacional,
- Para la participación en redes de colaboración científica institucionales, nacionales e internacionales,
- Para condicionar la entrada al sistema laboral,
- En fin, para establecer *un corpus* en la definición de quehacer científico.

A lo largo de estos años (1970-2012), las políticas científicas, así como los parámetros para la realización del quehacer científico han ido cambiando. Los procesos de competencia impuestos por los grandes consorcios, la evolución de la ciencia, las lógicas de captación de recursos han creado marcos políticos administrativos cada vez más restrictivos y altamente cuestionados por varios investigadores (Álvarez, 2005; Canales, 2011; Grediaga, 1998; Ibarra, 2002, Gil 2010 entre otros) que sólo permiten sobresalir a aquellas IES, colectivos o individuos capaces de adecuarse y pasar las barreras que les pone a su paso el sistema.

## CAPÍTULO III. SELECCION DEL OBJETO DE ESTUDIO Y ESTRATEGIAS DE ANALISIS

### 3.1 Delimitación de conceptos

Como lo he mencionado anteriormente, la construcción y la legitimación de la ciencia, no surge en el vacío ni en espacios aislados sino que es el producto de acciones concretas de actores, dentro y fuera de la disciplina. A su vez, los científicos se encuentran insertos en contextos particulares, que van determinando su carrera científica en función de espacios físicos y geográficos, momentos históricos, establecimiento de vínculos que ofrecen oportunidades o presentan limitaciones para llevar a cabo su quehacer de investigación.

Particularmente, estas concepciones han surgido de temas tratados anteriormente bajo el concepto de *curso de vida* (Schutz y Thomas, 2003; Gastron y Oddone, 2008), en relación a que un individuo, en el transcurso de su vida, se ve influenciado no solamente por los eventos del cohorte generacional, sino también por los espacios geográficos donde le toca vivir, por las relaciones que establece, y que pueden influir en el posicionamiento dentro de un grupo (tema abordado por Tierney y Bensimon, 1996) y en la toma de decisiones, por el manejo de las reglas institucionales a su favor (temas ya planteados por Crozier y Friedberg, 1990), por las oportunidades azarosas que le salen a su paso; pero también por el calendario social, que determina, desde el ámbito cultural-contextual, aquellos eventos que se esperan que un sujeto lleve a cabo en ciertos momentos de su vida. Esto puede estar relacionado con la idea de que: hay una edad para tener un diploma universitario, casarse, tener hijos, acumular bienes, ser reconocido, por ejemplo.

Estos conceptos trabajados desde el papel que juega el entorno y la capacidad de decidir que tiene un sujeto en la elaboración de su plan de vida me sirven para definir los conceptos base de esta tesis: trayectorias formativas, trayectorias profesionales y redes de colaboración.

Defino como trayectorias a los recorridos que establecen los científicos, a lo largo de su vida, para conformar su carrera científica. En la etapa formativa, como los procesos que recorre un individuo para contar con los conocimientos cognitivos, y competencias relacionados con su habilitación como científico en un ámbito disciplinario.

Como trayectoria profesional entiendo a los recorridos que establecen los científicos, dentro de su espacio laboral, para ser considerado una figura tutelar. En este proceso se incluyen las actividades de reproducción de los conocimientos disciplinarios (formación de

cuadros, publicaciones científicas, por ejemplo), los aportes significativos al campo y al colectivo que van contribuyendo en su consolidación como referente dentro de la disciplina (por ejemplo en el recorte del objeto de estudio, en la especialización de una técnica en particular, o en la creación de nuevas líneas de investigación). Eventualmente, como se ha planteado con anterioridad, al reconocimiento del conocimiento generado por los pares, se puede agregar el reconocimiento del trabajo científico por actores externos a la disciplina, en cuyo caso los puestos de gestión en el ámbito externo (social –político- económico) le otorgan el título de *especialista en la materia*.

El concepto de redes de colaboración científica, lo defino como los enlaces que se establecen entre individuos, colectivos, organizaciones, Estados-Nación o consorcios privados para producir, consolidar y difundir los hallazgos científicos, estos pueden ser locales, regionales o internacionales. Los objetivos de las redes pueden estar asociados a la reproducción de paradigmas en la formación de nuevos cuadros de investigadores, así como a la publicación de artículos o a la participación en proyectos de investigación, donde, como afirma Casas (2003) los científicos intercambian información para el mejoramiento de los procesos productivos. Como por ejemplo: para difundir sus conocimientos (revistas, artículos, coloquios, libros, patentes), para llevar a cabo su quehacer científico (becas, apoyos financieros para la adquisición de equipos), para la formación de cuadros (políticas de movilidad, apoyo financiero), para posicionar a sus egresados dentro del mercado científico.

En este trabajo la manera de observar estos tres ejes de análisis - trayectorias formativas, trayectorias profesionales y redes de colaboración- se llevó a cabo a partir de dos dimensiones de tensión: una dentro de la disciplina y otra en el contexto donde se lleva a cabo la labor científica. A su vez éstos son observados desde los factores o actores que intervienen en la construcción y validación del quehacer científico. De manera concreta esto se refiere al análisis de los actores y factores que intervienen en la construcción y validación del quehacer científico dentro del colectivo de formación/adscripción, al cual he llamado *ámbito cognitivo organizacional*. El segundo ámbito, *cognitivo disciplinario*, se refiere a los factores y actores que intervienen en la validación y construcción del conocimiento entre colectivos.

La dimensión externa está analizada desde tres ámbitos: político, económico y social, y se refiere a los actores y factores, externos a la disciplina, que influyen en la realización del quehacer científico y que éste sea validado como útil para sus intereses.

Tabla 3.1 Categorías de análisis de las trayectorias formativas, profesionales y las redes de colaboración de los científicos

Dimensión	Ámbito	T Formativas	T Profesionales	Redes
Interna	Cognitivo organizacional	Espacios, insumos y capital humano en la producción de conocimiento de Frontera.	Espacios, insumos y capital humano en la reproducción de conocimiento de Frontera.	Estrategias e insumos en la consolidación y trasmisión del conocimiento.
	Cognitivo disciplinario	Reconocimiento de las T F en el desarrollo del conocimiento.	Reconocimiento de los hallazgos científicos por los pares.	Reconocimiento y participación en las Redes de colaboración.
Externa	Político	Apoyo a la formación de cuadros como política de Estado	El desarrollo de la ciencia tema de interés del Estado	Apoyo a la configuración de Redes como estrategia del Estado
	Económico	Apoyo a la formación de cuadros tema de interés del Mercado.	Inversión en las TP Tema de interés del Mercado.	Reconocimiento del trabajo en Red. Aplicabilidad de los conocimientos generados
	Social	Eventos contextuales que influyen en la elección y evolución de ciertas de disciplinas	Eventos contextuales que apoyan e influyen en la visibilidad de las TP	Eventos contextuales que influyen en la creación y visibilidad de las redes de colaboración

Fuente: Elaboración propia

Específicamente, en la etapa de formación (trayectorias formativas), me detengo en los eventos que contribuyeron en la habilitación del individuo como investigador, desde aquellos factores que contribuyen en la orientación de los estudios, la fuente de los apoyos financieros, la elección de los espacios de formación, los conocimientos adquiridos, los hallazgos generados, las instancias de reconocimiento de los hallazgos generados en la etapa de formación, la obtención del grado de estudios, hasta el momento previo al ingreso a un colectivo de investigación.

En cuanto a las trayectorias profesionales me refiero a los eventos y a las condiciones que influyen en la realización del quehacer científico. En particular, aludo a las características de los espacios donde laboran los investigadores, las condiciones de contratación, el tipo de financiamiento, las reglas organizacionales, los eventos que influyeron en la adopción de la línea de investigación, los eventos que contribuyeron a los hallazgos generados y a la consolidación de su carrera académica durante el desarrollo profesional; así como el análisis de los eventos que influyen en la obtención de puestos de gestión, reconocimientos o premios, dentro y fuera de la disciplina.

Como un factor importante en la reproducción y legitimación del conocimiento las redes de colaboración científica constituyen el tercer eje de análisis de esta tesis. La definición

general de una red de colaboración refiere al conjunto de personas que aportan trabajo intelectual y cotidiano a un proyecto con un objetivo común al grupo.

Dentro de las investigaciones pioneras sobre las redes de colaboración se encuentran los trabajos de Nicholas Mullins (1972) quien centra su interés en el análisis de los productos de estas redes, particularmente en lo relativo a las coproducciones en revistas indexadas. Principalmente porque, a partir del análisis de las relaciones que establecen los individuos se busca explicar los resultados y el impacto de sus trabajos en el campo disciplinario.

Si bien esta es una forma de observar el impacto a nivel numérico de un colectivo o de un investigador dentro de una disciplina, este tipo de trabajos deja de lado las formas en las cuales se llevan a cabo este tipo de trabajos, las estructuras que permiten el trabajo colaborativo, los actores interesados en el desarrollo de este tipo de trabajos; tampoco da cuenta de los objetivos, ni de la jerarquización que se establece entre los integrantes dentro de una red en función de las competencias cognitivas, insumos o servicios que pueden ofrecer los integrantes al trabajo colaborativo.

Trabajos importantes sobre este tema son los presentados por Latour (1995-2012) que refieren a la posibilidad de considerar otro tipo de actores en la mediación del trabajo en red, dentro y fuera de la academia. También los trabajos realizados por Knorr Cetina (2005) sobre la conformación de redes de colaboración con comunidades de científicos y los agentes externos a la ciencia llamados “relaciones de recursos” y que se refieren a todas aquellas relaciones que establecen los científicos con diversos actores que resultan indispensables para la fabricación del conocimiento;<sup>46</sup> contemplo en el análisis de redes académicas a los contextos y relaciones que establecen los científicos fuera del ámbito académico (social, político económico, por ejemplo) en los cuales se podría observar la jerarquización del quehacer científico.

En el caso de los productos generados por una red científica, por ejemplo, esta perspectiva puede explicar la importancia de que todos los factores o actores que forman parte de un proceso, para ver la vinculación entre los medios y los fines.

En el caso de las redes de colaboración se analizan: los elementos contextuales que les dan origen, los objetivos de éstas, las características, los productos y las relaciones asimétricas de los integrantes; deteniéndome en el análisis las relaciones de los científicos con los actores (dentro y fuera de la disciplina) interesados en el establecimiento y los

---

<sup>46</sup> El término de recurso no se refiere únicamente a los recursos de tipo económico, sino que pueden ser las relaciones con actores políticos, sociales, culturales, etc., que sirven de entramado para la producción, difusión y reproducción del conocimiento.

resultados de las redes de colaboración (Tabla 3.2). De esta manera se podrá dar cuenta del impacto de las redes de colaboración, donde participan no solamente los científicos sino los actores para los cuales el quehacer científico tiene un valor de uso a saber: los pares, los científicos de otras disciplinas, los actores políticos, sociales o del mercado.

Al igual que en caso de las trayectorias formativa y profesionales, en el caso de las redes el objetivo ha buscado retomar las instancias y espacios que intervienen en el desarrollo y legitimación del quehacer científico de los colectivos de investigación seleccionados; y observar de manera puntual cuáles son las condiciones contextuales en la producción de la ciencia y los marcos valorativos (en términos de Weber, 1984 y Bourdieu, 2000) de lo que se considera legítimo y susceptible de ser apoyado, en un momento dado.

Tabla 3.2 Impacto y validación del quehacer científico

Ámbito	Productos	Efectos	Logros	Validación del QC
Disciplinario Interno Construcción del conocimiento	Proyectos y publicaciones científicas	Redes de coautoría, de citaciones y temáticas trabajadas	Productos relacionados con proyectos de I+D	Pares disciplinarios Premios y distinciones
Externo Aplicación del conocimiento generado	Proyectos y productos en vías de aplicación práctica	Redes con otros grupos de científicos o con el sector gubernamental, empresarial para la aplicabilidad del conocimiento generado	Generación de productos relacionados con la I+D Incremento de insumos para el desarrollo de CyT	-Científicos de otras disciplinas -Sector Político y productivo (Empresarial, etcétera.)  Financiamiento, Premios y distinciones
Social Apropiación de los conocimientos generados	Divulgación del conocimiento Actividades de educación y servicios científicos y tecnológicos	Redes con los actores sociales Cambios en las formas de producción	Vínculo entre IES y el Sector Social, empresas. Generación de empleos.	Cambios paradigmático y apropiación de los conocimientos generados a gran escala Invitación a eventos como especialista del tema

Fuente: Elaboración propia.

Con lo cual no solamente se anotan los espacios de tensión dentro de la disciplina, sino se añade el reconocimiento que tienen los investigadores por los actores externos. Estos son los empleadores, los consumidores, los tomadores de decisiones, en el ambiente político o empresarial, que juzgan si el desempeño de un investigador es relevante y por lo tanto puede ser considerado como líder o especialista en la materia. Este último, se hace visible

de distintas maneras: desde la distribución de financiamiento para la realización de proyectos de investigación, la invitación para formar parte de un consejo o grupo de especialistas en las cúpulas de poder, o por medio del otorgamiento de premios y distinciones en algún momento coyuntural.

### **3. 2 Estrategia para la selección del área disciplinaria**

¿De qué manera se seleccionó de objeto de estudio? Al inicio de esta investigación se tomaron como punto de partida cuatro fuentes: a) la base de datos SNI donde se encuentran los investigadores vigentes en 2012, b) los informes CONACYT y c) de INEGI para conocer el tipo, número y factor de impacto de las publicaciones científicas mexicanas a nivel internacional; y d) en cuarto lugar, la base de datos SCOPUS donde se encuentran concentradas las revistas científicas internacionales. La finalidad era tener una idea general de las trayectorias formativas y profesionales de los investigadores mexicanos y la visibilidad a nivel internacional de los resultados de sus esfuerzos científicos.

Con la base de datos SNI se llevó a cabo la reconstrucción de las trayectorias formativas y profesionales de los investigadores del SNI a partir del análisis de los 18, 556, CVU registrados en 2012, tomando los siguientes datos:

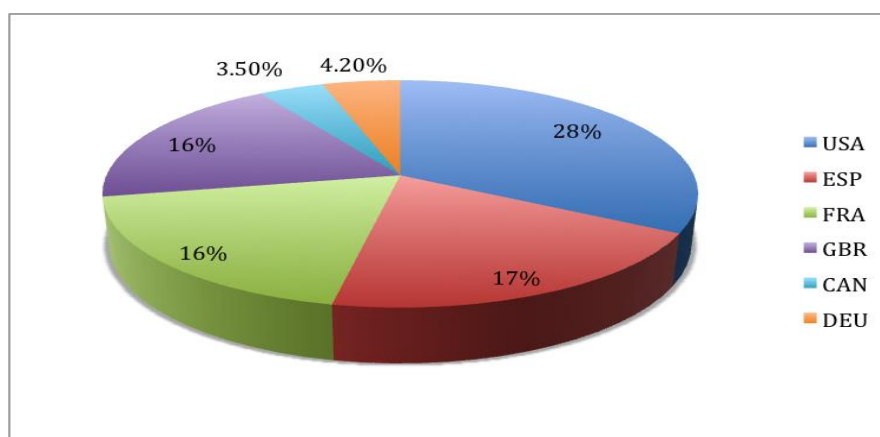
1. Nombre
2. Género
3. Edad
4. Área disciplinaria
5. Institución de adscripción
6. Fecha y grado obtenido de estudios
7. Lugar de formación
8. Calificación dentro del SNI

Este procedimiento fue útil para tener una idea general sobre los indicadores cuantitativos sobre: a) las trayectorias de formación (polos por grado máximo obtenido, momentos en que ocurrió la formación), b) las trayectorias profesionales (lugar de trabajo), c) el grado de reconocimiento de las trayectorias formativas y profesionales dentro de la escala de valoración del SNI.

- Como polos de formación, se reconoció que, a nivel global, los países de formación a nivel doctorado de los investigadores vigentes en el SNI 2012 son: México (61%), Estados Unidos (28%), Francia (16%), España (17%), Gran Bretaña (16%),

Alemania (4.20%) y Canadá (3.50%). De éstos, los principales polos de formación en el extranjero, a nivel global, son Estados Unidos, España y Francia.<sup>47</sup>

*Gráfica 3.1 Polos de formación de los miembros del SNI 2012*



Fuente: Base de datos SNI 2012.

- El cruce de los datos de la base del SNI 2012 en función de las áreas de adscripción de los investigadores y el posicionamiento los investigadores mostró que las áreas disciplinas con mayor número de investigadores consolidados (SNI 2 y 3), se encuentran en tres áreas: el área I: Físico Matemático, el área II: Biología y Química y en el área de Humanidades y Ciencias de la Conducta. De manera puntual, también se observa que las áreas relacionadas con la Biotecnología<sup>48</sup> (áreas 2 y 3) el porcentaje de investigadores consolidados es de 34.35% (Tabla 3.3).

<sup>47</sup> La codificación de los países se encuentra en la sección de Anexos: Tabla 3.

<sup>48</sup> Cabe mencionar que, en base a la aplicación de los conocimientos generados, se consideran como áreas relacionadas con Biotecnología: el área 2: Biología y Química; el área 3: Medicina y Ciencias de la Salud y el área 6: Biotecnología y Ciencias Agropecuarias. También es importante mencionar que y que en la clasificación del SNI, los investigadores se encuentran adscritos en función del título de licenciatura y no por la aplicación de los conocimientos.



Tabla 3.3 Distribución de los miembros del SNI según el área en que son evaluados y representación categorías 2 y 3 del SNI.

		Categoría y Nivel en el SNI				
		Nivel 2	Nivel 3	Total	% SIN 2 y 3 en el total	% del área en el conjunto miembros sin
Área 1: Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra	3005	689	412	1101	36.64%	22.51%
Área 2: Biología y Química	3166	493	284	777	24.54%	15.89%
Área 3: Medicina y Ciencias de la Salud	1916	285	165	450	23.49%	9.20%
Área 4: Humanidades y Ciencias de la Conducta	2770	598	248	846	30.54%	17.30%
Área V: Ciencias Sociales	2740	522	234	756	27.59%	15.46%
Área 6: Biotecnología y Ciencias Agropecuarias	2160	326	127	453	20.97%	9.26%
Área 7: Ingeniería	2798	298	110	408	14.58%	8.34%
Total	18,554	3,311	1,580	4,891	26.36%	100%

Fuente: Elaboración propia en base al análisis del SNI 2012.

- A nivel global, se mostró en la Tabla 2.6, que las instituciones donde se encuentra el mayor número de investigadores con niveles 2 y 3 del SNI, son: la UNAM, la UAM, el IPN y el CINVESTAV.

Con la información presentada por INEGI y CONACYT se pudo tener una idea sobre el origen de los colaboradores y los productos de las redes de colaboración.

- En cuanto a los países de los coautores de los científicos mexicanos se presentó en la Gráfica 2.9, que los investigadores mexicanos publican con investigadores de cuatro países; Estados Unidos (24%), España (9%), Francia (5.9%) y Alemania (4,3%).
- También estos países son aquellos con los que, según cifras del INEGI, se tienen desde 1995 a 2012, el mayor número de convenios de colaboración bilateral (Tabla 2.13).
- También con información de INEGI se sabe que las áreas con mayor número de publicaciones son las siguientes: Astrofísica en primer lugar, en segundo lugar las publicaciones relacionadas con la Biotecnología. Esto es: Biología Molecular, Microbiología y Biología. En tercer lugar las publicaciones relacionadas con el área de Salud: Inmunología y Medicina (Gráfica 2.10).

- A manera de corolario, y con la consulta de los datos reportados por SCOPUS sobre el número de publicaciones de las IES punteras, se presentó en la tabla 2.16, las IES que tienen mayor número de publicaciones. Estas son: la UNAM, el CINVESTAV, IPN, la UAM y el conjunto de los centros SEP- CONACYT.

Este ejercicio de análisis en cascada en distintos niveles de análisis me llevó a: 1) Ubicar ciertos polos de formación. 2) Conocer el grado de consolidación de los investigadores de ciertas áreas en el SNI. 3) Situar la diferenciación existente en ciertas instituciones por el número de productos, matrícula, número de investigadores y montos asignados para su funcionamiento (Tabla 3.1). 4) También, en el tema del financiamiento, este ejercicio de análisis me llevó a observar la jerarquización que se le asigna al desarrollo de cierto tipo de investigación en detrimento de otras (Gráfica 1.1); pues de acuerdo con el informe del Foro consultivo 2012, se le otorga un apoyo mayor a la investigación de tipo experimental y aplicada (76%) que al destinado para el desarrollo de la investigación básica (24%).

Los datos encontrados en este ejercicio de análisis sirvieron para seleccionar a los investigadores del área de disciplinaria que cumplieran los siguientes criterios:

1. Trayectorias formativas y el posicionamiento favorable dentro del SNI,
2. Trayectorias Profesionales y las condiciones de las IES de adscripción para la realización del quehacer científico,
3. Redes de colaboración y visibilidad de los productos a nivel internacional, y
4. Apoyo a la línea de investigación (aplicada o/y experimental) por los tomadores de decisiones (nacionales e internacionales)

Estos elementos centraron mi atención en la Biotecnología que, como se mostró anteriormente, cumple los criterios señalados.

En efecto, a pesar de que la Biotecnología no es una disciplina de larga data,<sup>49</sup> en el conjunto de las áreas disciplinarias, la Biotecnología y las áreas relacionadas con ésta, se aprecia una mayor visibilidad en cuanto a publicaciones, a la valoración dentro del SNI, al reconocimiento de las trayectorias formativas en el extranjero.

También es importante mencionar que el desarrollo de la Biotecnología es considerado como un asunto prioritario por organismos internacionales, como la OCDE, la CEPAL y la UNESCO. Además en la Biotecnología la investigación de tipo experimental y aplicado es una de sus características nodales y las características mencionadas por López Bonilla (2013) acercan a la Biotecnología al concepto de campo, más que al de área disciplinaria.

---

<sup>49</sup> Como se verá en el capítulo IV se considera como fecha de creación de la Biotecnología moderna el año 1965.

De acuerdo con esta autora, las disciplinas académicas se distinguen por tener un objeto particular de estudio y un bagaje de conocimientos especializados sobre ese objeto, con teorías y conceptos lenguajes y métodos definidos. A éstos rasgos se añaden la aceptación y pertenencia a una comunidad disciplinar que incluye reconocimiento. Mientras los campos son áreas menos integradas y más amplias que las disciplinas y agrupan varias de ellas. En el caso de la Biotecnología la remitiremos al concepto de campo, por la diversidad de disciplinas que confluyen en ella, la emergencia de técnicas y métodos de análisis y sobre todo al eje central que guía los trabajos de los biotecnólogos: la aplicación de conocimientos en un proyecto-nodo.

Otro de los argumentos interesantes para abordar el estudio de la Biotecnología, y que tiene que ver con la fecha de institucionalización de ésta en México, es la posibilidad de acceder a materiales y a la voz de los fundadores o líderes en el país para conocer el surgimiento, evolución y consolidación de un área disciplinaria.

### **3. 2.1 Selección de los colectivos de investigación**

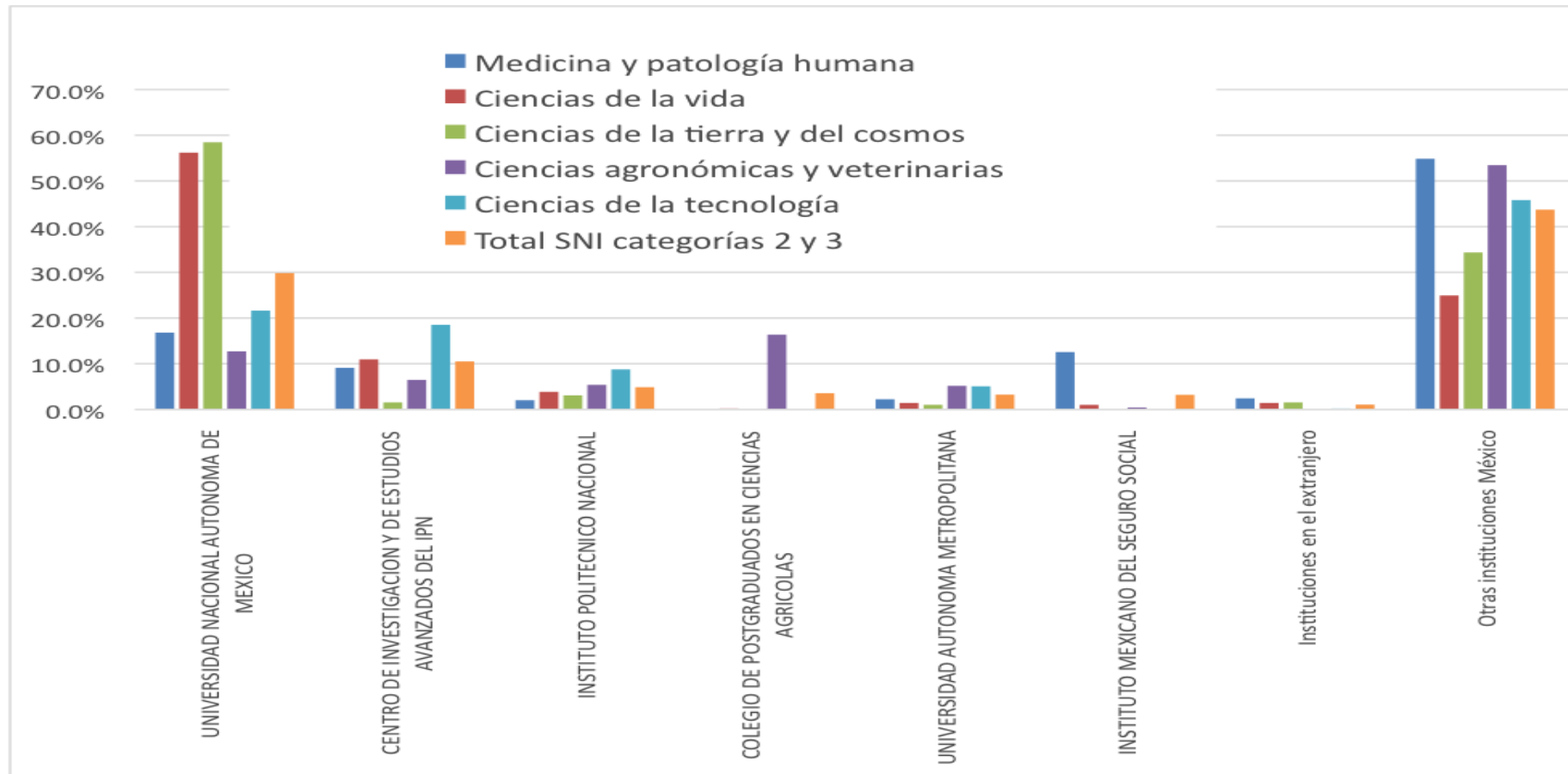
A fin de ubicar las instituciones donde se encuentran localizados los investigadores relacionados con el campo de la Biotecnología, se llevó a cabo un cruce con los datos aportados por el SNI 2012, por grupo de áreas disciplinarias. De acuerdo con los datos del SNI 2012, los grupos-disciplinarios que concentran la mayor cantidad de miembros con este perfil están adscritos en cinco grupos:

- a) Medicina y patología humana
- b) Ciencias de la vida (Biología y Química)
- c) Ciencias de la tierra y del cosmos
- d) Biotecnología, ciencias agronómicas y veterinarias
- e) Ciencias de la tecnología

De estos grupos disciplinarios, las instituciones con mayor número de investigadores en Biotecnología son la UNAM, el CINVESTAV, el COLPOS y la UAM.

En cuanto a los lugares de formación a nivel doctorado de los investigadores del SNI 2012 relacionados con la Biotecnología resalta la proporción de los investigadores que realizaron sus estudios en México (61.1% de un total de 9876), a excepción de los investigadores del COLPOS para quienes el principal polo de formación es Estados Unidos.

Gráfica 3.2 Miembros vigentes en el SNI 2012 con categoría 2 y 3 en los campos vinculados con la Biotecnología



Fuente: Elaboración propia, base datos CVU SNI 2012 (Información completa en el Anexo Tabla 3)

También se observa en la tabla 3.4 que el segundo lugar de formación, para 1032 investigadores, es Estados Unidos. En este caso, al igual que para los investigadores del COLPOS, este país representa para los investigadores del campo de ciencias agronómicas que trabajan en el INIFAB un referente de formación, por lo que será interesante observar de cerca las alianzas entre los investigadores de este campo y las IES estadounidenses en cuanto a la formación de cuadros.

Tabla 3.4. Polos de formación del total de investigadores relacionados con la Biotecnología SNI 2012

Instituciones	MEX	EUA	FRA	GBR	ESP	Otros	Total
UNAM	59.8%	12.3%		6.5%			1608
IPN	71.9%	5.1	5.4%				613
CINVESTAV	54.0%	8.3%	8.3%	6.6%			484
COLPOS	24.5%	40.7%		9.7%			216
UAM	66.2%		7.5%	8.6%			266
IMSS	77.2%	2.5%				8.6%	276
UANL	65.5%		5.5%			6.2%	290
UDG	68.4%	8.2%	3.7%		8.2%		294
INIFAP	48.1%	36.5%	3.9%				181
UASLP	61.0%	5.0%	6.8%				177
Otras	61.7%	1.3%				6.3%	5471
<b>Total</b>	<b>6071</b>	<b>1032</b>	<b>500</b>	<b>567</b>	<b>394</b>	<b>554</b>	<b>9876</b>
Porcentaje	61.1%	10.4%	5.1%	5.7%	4.0%	5.6%	100%

Fuente: Elaboración propia, base datos CVU SNI 2012 (Información completa en el anexo Tabla 2)

De igual manera es interesante observar que si bien Estados Unidos representa el segundo lugar de formación para los investigadores mexicanos relacionados con la Biotecnología, dos instituciones (la UAM y la UANL) eligen realizar sus estudios de doctorado en otros destinos<sup>50</sup> o en Francia, por lo que será interesante conocer los factores que influyeron en esta selección.

A nivel más fino, y siguiendo la lógica de calendarización propuesta en esta tesis para conocer el impacto de la puesta en marcha de las políticas gubernamentales para evaluar y organizar el sistema, se cruzaron los datos de los investigadores del SNI 2012 relacionados con la Biotecnología, por institución, fecha de obtención del grado de doctorado y calificación en el SNI.

<sup>50</sup> La codificación de países de formación se encuentra en la sección de Anexos.

para observar cuáles eran las instituciones donde trabajan los investigadores consolidados de este grupo.

Tabla 3.5 Posición de los investigadores relacionados con la Biotecnología por institución y período de obtención del doctorado. SNI 2012.

Instituciones	Antes del SNI		Después del SNI y antes del PROMEP		Después del PROMEP	
	Candidatos o nivel 1	Categoría 2 y 3 en el SNI	Candidatos o nivel 1	Categoría 2 y 3 en el SNI	Candidatos o nivel 1	Categoría 2 y 3 en el SNI
UNAM	22.9%	77.1%	32.2%	67.8%	85.6%	14.4%
IPN	45.5%	54.5%	54.0%	46.0%	92.8%	7.2%
CINVESTAV	15.3%	84.7%	22.7%	77.3%	84.8%	15.2%
COLPOS	16.2%	83.8%	47.3%	52.7%	87.6%	12.4%
UAM	22.2%	77.8%	38.6%	61.4%	89.2%	10.8%
IMSS	0.0%	100.0%	36.0%	64.0%	82.8%	17.2%
UANL	71.4%	28.6%	54.2%	45.8%	94.8%	5.2%
UDG	60.0%	40.0%	60.0%	40.0%	92.5%	7.5%
INIFAP	42.9%	57.1%	53.3%	46.7%	89.6%	10.4%
UASLP	0.0%	100.0%	52.0%	48.0%	94.9%	5.1%
OTRAS INSTITUCIONES	38.3%	61.7%	51.6%	48.4%	92.5%	7.5%
Total	171	407	717	964	6267	614

Fuente: Elaboración propia en base al análisis del SNI 2012.

Ahora bien, el resultado de este cruce da cuenta de que los investigadores que se encuentran en el sector salud (IMSS) y de la UASLP que obtuvieron su diploma de doctorado antes de 1984, todos ellos se encuentran en la posición más alta del SNI. Sin embargo, en el conjunto de las IES y los períodos analizados, la UNAM, la UAM, el CINVESTAV y el COLPOS, mantienen un compartimiento semejante en cuanto al porcentaje de profesores en posiciones favorables dentro de este campo. ¿Cuáles son los factores que han influido en el posicionamiento de los investigadores de estas IES, a lo largo del tiempo, en este campo?

El resultado de este cruce me sirvió para elegir a cuatro colectivos del área de Biotecnología que se encuentran registrados en el SNI 2012: el Centro de Investigación de Estudios Avanzados unidad Irapuato (CINVESTAV-I), el Colegio de Posgraduados unidad Montecillos (COLPOS-M), el Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa (DBT-UAM-I) y el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBT- UNAM).

Esta decisión se fundamenta no solamente en el hecho de que dentro del SNI se encuentran los investigadores que hoy por hoy conforman la élite científica

de México, sino también por el porcentaje significativo que tienen los investigadores consolidados que desarrollan actividades relacionadas con este campo. Del conjunto del SNI 2012 del total de investigadores es de 18,554, de todos los niveles (Candidatos, SNI 1, SNI 2 y SNI 3), el 34.35%, es decir 1 680 de 4,891 de los investigadores consolidados (nivel 2 y 3) realizan investigación asociada a temas de Biotecnología.

Con estas características considero que se podrá dar una imagen de lo que sucede en la producción y legitimación del quehacer científico tanto en el área estudiada como en las demás disciplinas.

### ***3.3 Fuentes de información y técnicas de análisis***

En base a la selección del campo de investigación y a los colectivos donde el número de investigadores, los lugares de formación y las trayectorias profesionales, resultan significativas para entender tanto para el desarrollo disciplinario como para el conjunto de la ciencia en México.

A través del análisis compartido de la génesis y evolución de lo que hoy pueden considerarse como los grupos más consolidados de la Biotecnología, se explica cómo cuatro colectivos que coexisten en espacios sociopolíticos y organizacionales semejantes se crean, desarrollan y consolidan de manera diferenciada. En donde las características de la producción de conocimiento y los espacios de legitimación de la misma juegan un papel diferenciado en el desarrollo de la CyT. A fin de dar un encuadre cualitativo y cuantitativo de este fenómeno, se recurrió a las siguientes fuentes:

#### *Históricas:*

- Búsqueda documental del desarrollo y evolución de la Biotecnología a nivel internacional y nacional,
- Búsqueda documental de la creación de los colectivos de investigación seleccionados.

#### *Cuantitativas:*

- Análisis de los CV' s del conjunto de los miembros de los colectivos seleccionados en función de polos de formación, diploma (licenciatura, maestría, doctorado y posdoctorado) y período (primer período: antes del SNI, segundo período: 1984-1996 y tercer período: 1997-2012),

- Análisis de la producción científica, principalmente los documentos indexados por SCOPUS.

*Cualitativas:*

- Realización de entrevistas a investigadores dentro del colectivo (pioneros e investigadores en consolidación), pares internacionales (Francia y Estados Unidos), alumnos en formación (México, Francia y Estados Unidos). A fin de tener un panorama más completo, en cuanto a la creación, evolución y consolidación de este campo por referencia directa de los actores.

Los datos históricos fueron utilizados, primeramente, para hablar de la génesis y evolución de la Biotecnología a nivel internacional, y tener un marco de referencia de la institucionalización de esta área disciplinaria en México. En segundo lugar para conocer el origen de los colectivos de investigación seleccionados. Los datos cuantitativos aportaron parámetros numéricos en función de número de investigadores, publicaciones en relación con las trayectorias formativas, profesionales y las redes de colaboración. Los datos cualitativos aportaron los elementos contextuales que intervinieron en el desempeño y visibilidad de su carrera científica.

### 3.3.1 Análisis de las entrevistas

Para la obtención de información cualitativa utilicé como instrumento de recolección la realización de 65 entrevistas a profundidad. El 70.31 %, es decir 45, corresponde a los investigadores de los colectivos seleccionados y el resto a investigadores y alumnos en el extranjero.

Tabla 3. 4 Entrevistas realizadas

	Entrevistados	Total
<b>Colectivo</b>	DBT UAMI	11
	IBT UNAM	12
	CINVESTAV I	11
	COLPOS –M	11
	Sub total	45
Investigadores Mexicanos en el Extranjero		9
Investigadores extranjeros en el Extranjero		4
Estudiantes Mexicanos en el Extranjero		10
Total		65

Fuente: elaboración propia,



Los criterios de selección para la realización de entrevistas fueron las siguientes. 1) Considerar como candidatos para la realización de entrevistas a aquellos investigadores con trayectorias consolidada que participaron en la fundación de los colectivos en estudio: pertenencia al SNI, polo de formación, calificación disciplinaria y posición dentro del grupo (líder de grupo). 2) considerar a los investigadores que se formaron en los períodos subsecuentes (1985-2012) y que se encuentran contratados en el colectivo de Investigación como profesores de tiempo completo. 3) Considerar a los investigadores (mexicanos y extranjeros) que se encuentran en Estados Unidos y Francia, con los cuales se han establecido relaciones de cooperación de larga data. A los alumnos en formación a nivel doctorado egresados de estos colectivos en (México, Estados Unidos y Francia).

El objetivo de las entrevistas a profundidad fue buscar elementos para conocer los procesos, los eventos y los espacios en los cuales se lleva a cabo la construcción y la legitimación de la ciencia y también para seguir la traza del investigador a través del tiempo, siguiendo la huella de sus herederos.

Dado que la información reportada en las entrevistas es anónima, por así haber sido convenido con los entrevistados, se estableció un código para presentar los datos obtenidos. Este código consta de 9 rubros.

Tabla 3.5. Código de identificación de Entrevistas

	Descripción	Siglas
1. Status	Profesor Investigador	INV
	Alumno	A
2. Genero	Femenino	F
	Masculino	M
3. Nacionalidad	MEX, EUA, FRA, GBR, etc.	
4. Adscripción	Instituto de Biotecnología de la UNAM	IBT UNAM
	Departamento de Biotecnología de la UAM	DBT UAMI
	Colegio de Posgraduados –Montecillos	COLPOS M
	Centro de Investigación y Estudios Avanzados. Irapuato	CINVESTAV I
5. Fecha de obtención del doctorado	De 1997-2012	A
	De 1985- 1996	B
	Antes de 1984	C
6. Nivel de consolidación	Nivel 1	1
	Nivel 2	2
	3 y Emérito	3
7. País del diploma de doctorado	MEX, EUA, FRA, ESP, CAN, ALE, etc.	
8. Estudios sin grado académico	Estancias posdoctorales	POSD

9.Tipo de Institución	Pública	PUB
	Privada	PRIV

Fuente: Elaboración propia

Los primeros cuatro rubros corresponden al status, el género, la nacionalidad, las siglas de la institución de adscripción. El quinto rubro refiere a la fecha de obtención del título de doctorado en función de los períodos establecidos en este análisis; para aquellos que realizaron su doctorado antes de 1984 la clasificación correspondiente es la letra C, para los investigadores que se graduaron entre 1985 y 1996 (generación de recambio), se utiliza la letra B, y para los investigadores que obtuvieron el grado de doctor en el período comprendido entre 1997 y 2012 se asigna la letra A.

Como sexto rubro se incluye el grado de consolidación del investigador en el campo. Para los investigadores que laboran en las IES mexicanas se contempla la clasificación que tienen dentro del SNI: 1, 2 y 3, en esta última se agrupan también a los investigadores eméritos. Para los investigadores que se encuentran trabajando en el extranjero, en este caso Francia y Estados Unidos, se considera en este trabajo el grado de consolidación de los investigadores en base a los estándares establecidos para clasificar a los investigadores en cada país.<sup>51</sup>

En el caso de ambos países los grados de consolidación en el campo se refieren a la evaluación de los pares del desempeño en el ámbito científico - a través de exámenes de oposición y evaluación de los productos realizados- para obtener un puesto definitivo dentro de las universidades (en el caso de Estados Unidos), subir en el rango de prestigio, obtener una mejor

---

<sup>51</sup> En el caso de Estados Unidos el Nivel 1 corresponde al Profesor asistente de tiempo completo ( teacher assistant). El nivel 2 al Profesor Asociado de tiempo completo definitivo, y el nivel 3 al Profesor investigador de tiempo completo definitivo (Tenure track). En el caso de Francia existen dos subdivisiones; los profesores de las universidades y el personal de los Centros de Investigación especializada. Para los primeros, el nivel 1 se lo adjudicamos al Profesor Maestro de conferencia) (MCF), el Nivel 2, al Profesor Director de Investigación (HDR) y el Nivel 3 al Profesor catedrático de universidades. En el caso del personal de los centros de Investigación especializada (CNRS, IRD, INRA, INED, etc.) el camino de la carrera científica inicia con el grado de: encargado de investigación después director de Investigación (con o sin la habilitación de HDR). Para más información ver el decreto No. 84 -431 de 1984 sobre la legislación de la enseñanza superior en el sitio: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000520453>.

remuneración y alcanzar un mayor grado de libertad en la realización de su quehacer científico, como lo refiere Thierry Shinn (2007).

El rubro número siete, corresponde al país de obtención del diploma de doctorado. Por último en el caso del octavo y noveno rubro, estancias posdoctorales y tipo de institución (pública o privadas) se utilizó en dos casos, donde las trayectorias de los investigadores eran semejantes. De esta manera un investigador del COLPOS-M puede estar representado por las siguientes siglas:

INV.M.MEX.COLPOS.B.1. EUA.

Y en el caso de un investigador mexicano que trabaja en la universidad de Urbana Illinois, por ejemplo, las siglas son las siguientes:

INV.M.MEX.USA.U. ILLINOIS.B.3.USA

La guía de entrevistas fue creada para detectar detalladamente los momentos, circunstancias o factores que han marcado el desarrollo y evolución (o estancamiento) del desarrollo de la disciplina, el instituto y el individuo y se encuentra en la sección de anexos de esta tesis.

## **CAPITULO IV. LA EVOLUCION Y LEGITIMACION DE LA BIOTECNOLOGIA**

*Entre lo urgente, los instrumentos,  
lo rentable, lo legal y lo social*

La historia de la Biotecnología podría contarse de muchas maneras. Hay quienes ven en ella la cristalización de la ciencia (Bolívar-Zapata, 2004), porque se cierra la brecha entre la generación de conocimiento y su aplicación en la resolución de los problemas; particularmente en ámbitos como el de la salud, la agroalimentaria y la del medio ambiente. Pero a los ojos de otros, podría contarse la historia de la Biotecnología como una desviación de la ciencia, por abandonar el claustro de los laboratorios e insertarse de lleno en ambientes empresariales (Levy, 2000). De igual manera se podría contar la historia de este campo desde la acera de enfrente, haciendo énfasis en los efectos no deseados de la aplicación de los conocimientos científicos a temas que aquejan al ser humano y su entorno. Como es el caso del deterioro de la salud por el abuso de los pesticidas, el envenenamiento de los mantos freáticos; al deterioro del medio ambiente por el uso excesivo de productos químicos; o por el rechazo frontal de las organizaciones ecologistas frente a los productos transgénicos generados en el área de la Biotecnología.<sup>52</sup>

En efecto, la historia, beneficios y problemas que rodean el desarrollo de la Biotecnología tienen valoraciones distintas según los intereses y perspectivas valorativas de los que la reconstruyen. En el caso que me ocupa el interés fundamental es observar sociológicamente qué tipo de factores han influido en la evolución, construcción y consolidación de este campo disciplinario y ver de qué manera éstos han influido en la reproducción y validación de ciertos temas en la agenda, en los espacios de formación de recursos humanos y en las maneras de hacer ciencia. Me interesa especialmente observar cuál ha sido el

---

<sup>52</sup> A este respecto, en el caso de la investigación sobre los transgénicos, vale la pena mencionar la existencia de investigadores mexicanos con posturas encontradas a este respecto, como es el caso de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS) cuyas investigaciones son divulgadas a través del sitio: <http://www.uccs.mx/uccs/historia>.

país de formación de los investigadores de este campo, los espacios donde se desarrollan profesionalmente y sus redes de colaboración.

Para este efecto, en la primera parte de este capítulo presentaré las características de este campo de conocimiento: a) las diferentes definiciones que ha tenido en función de los organismos involucrados, b) sus orígenes, c) los avances científicos, d) las técnicas utilizadas, e) el conjunto de disciplinas que se agrupan bajo esta nueva disciplina y f) los actores o factores externos que han favorecido a la visibilidad y legitimación y, en consecuencia, g) en la construcción de los polos de referencia de la Biotecnología.

#### **4.1 Las características de la Biotecnología**

Como ejemplo del proceso de la construcción de un campo disciplinario, la Biotecnología ofrece aspectos interesantes de estudio. De acuerdo con Becher y Trowler, (1996) la consolidación de una *tribu disciplinaria* va aparejada no solamente de la confluencia de varias miradas, sino también de los acuerdos temporales que se van construyendo a medida que avanza el conocimiento científico. ¿Qué tanto han ido cambiando los acuerdos de esta *tribu disciplinaria*? ¿Cómo se han ido delimitando y definiendo el objeto de estudio, las herramientas metodológicas, las técnicas y las líneas de indagación?

A diferencia de otras disciplinas, la definición de lo que se considera Biotecnología no gira alrededor de la delimitación de un objeto en concreto sino en la agrupación de ciertas técnicas biológicas con un objetivo utilitario, por lo cual se podría considerar a esta área como un campo multidisciplinario que involucra y diluye fronteras entre varias disciplinas. A saber: Biología, Bioquímica, Genética, Virología, Agronomía, Ingeniería, Química, Medicina y Veterinaria, entre otras.

De manera general se entiende por Biotecnología al conjunto de innovaciones tecnológicas que se basan en la utilización de microorganismos y procesos microbiológicos para la obtención de bienes y servicios, y también para el desarrollo de actividades científicas de investigación.<sup>53</sup>

Es interesante mencionar que esta definición de lo que se considera como Biotecnología ha ido cambiando en función del avance científico y de la

---

<sup>53</sup> Definición tomada de American Chemical Society  
<http://www.acs.org/content/acs/en/careers/whatchemistsdo/careers/biotechnology.html>.

injerencia de actores externos al campo disciplinario. Por ejemplo, dentro de la definición de la Biotecnología se encuentran definiciones enunciadas tanto por hombres de ciencia, como por organismos reguladores del quehacer científico; básicamente porque el tema de la Biotecnología ha sido considerado como un asunto delicado desde las perspectivas: legales, económicas, ecológicas, políticas, sociales y éticas.

De acuerdo con Quintero (1991), el primer investigador que utilizó el término Biotecnología fue el ingeniero húngaro Karl Ereki, en 1919, cuando utilizó este vocablo en su libro *Biotecnología en la producción cárnica y láctea de una gran explotación agropecuaria*.<sup>54</sup> En este libro el término de Biotecnología refiere al proceso por medio del cual las materias primas podrían ser mejoradas biológicamente para crear productos útiles para la sociedad.

Más adelante, y por cuestiones que van más allá del ámbito científico, hubo necesidad de definir –y regular- el campo de injerencia de la Biotecnología. Por ejemplo, el *Convenio sobre Diversidad Biológica* organizado por la ONU en 1992 definió a la Biotecnología como “*toda aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos*”.

Por su parte, el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, realizado en 2000, buscó regular el comercio internacional, el manejo y el uso de los organismos genéticamente modificados y dar una definición más detallada al término de Biotecnología.<sup>55</sup>

De acuerdo con este protocolo, aceptado por 159 países, entre los cuales no se encuentran Estados Unidos ni Argentina,<sup>56</sup> se entiende por Biotecnología a las *Técnicas “in vitro” de ácido nucleico, incluidos el ADN recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u orgánulos, o la fusión de células más allá de su familia taxonómica que superan las barreras naturales de la reproducción o la recombinación*.

---

<sup>54</sup> El título original es *Biotechnologie der Fleisch-, Fett-und im Milcherzeugung landwirtschaftlichen Grossbetriebe*.

<sup>55</sup> Me refiero al primer acuerdo internacional que rige la transferencia, manejo y uso de organismos vivos modificados por medio de la biotecnología moderna, adoptado en 2000 por los miembros de la Convención sobre Diversidad Biológica publicado en Montreal en 2000, (fecha de consulta noviembre 2013), documento disponible: [bch.cbd.int/database/attachment/?id=10696](http://bch.cbd.int/database/attachment/?id=10696)

<sup>56</sup> <http://www.agrobio.org/fend/index.php?op=YXA9I2JXbDQmaW09I016RT0>= Consultado julio 2013.

Como puede observarse la propia definición de Biotecnología revela la convergencia y divergencias de los actores para referirse a ella. Para este estudio adoptaré la definición de Newell & Burke (2000), retomada también por la CIBIOGEM (Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados),<sup>57</sup> ya que en ella se contemplan tres elementos esenciales de este campo disciplinario: las técnicas utilizadas, los procesos y sus objetivos. De acuerdo con estos autores se entiende por Biotecnología al conjunto de técnicas que involucran la manipulación de organismos vivos o sus componentes subcelulares para producir sustancias, desarrollar procesos o proporcionar servicios.

Otra característica importante entre la Biotecnología y las disciplinas de más larga data, donde el espacio de adscripción institucional del colectivo de investigación está en línea directa con el objeto de estudio, es que en este campo sus practicantes pueden estar adscritos a distintas facultades, departamentos o centros de investigación (López Bonilla, 2013). Por ejemplo: en el caso del Instituto de Filosofía, se encuentran agrupados los investigadores afines a esta área humanística, en cambio, en el campo que nos ocupa esto no siempre se cumple.

Los científicos que realizan investigación en el área de Biotecnología pueden estar adscritos a los centros de investigación en Biotecnología, a otros centros de investigación de la misma u otras instituciones o bien, haberse formado en distintas áreas disciplinarias y sin embargo desarrollar temas relacionados con la Biotecnología. Esto es, los biotecnólogos se reconocen entre sí y se definen como parte de esta comunidad disciplinaria por las perspectivas y objetivos de trabajo sobre el objeto de estudio, no por una trayectoria formativa compartida dentro de un sólo campo disciplinario, o por la necesidad de que haya coincidencia en su adscripción dentro de un laboratorio o instituto especializado en el tema. Entre los investigadores que se identifican como parte de este campo tenemos: aquellos que pueden haberse formado en Ciencias

---

<sup>57</sup>La CIBIOGEM es la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados es un órgano del Poder Ejecutivo Federal que se encarga de establecer las políticas relativas a la seguridad de la Biotecnología respecto al uso de los organismos genéticamente modificados (OGMs). La CIBIOGEM está integrada por los titulares de las Secretarías de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Salud (SS), Educación Pública (SEP), Hacienda y Crédito Público (SHCP) y Economía (SE), así como por el Director General del CONACYT. <http://www.cibiogem.gob.mx/Acerca/Paginas/default.aspx>.

agronómicas, Biología, Bioquímica, Ciencias del Ambiente, Química, Medicina, Veterinaria, Ciencias de la Alimentación, por mencionar las principales.

Tal es el caso de México, donde los investigadores que trabajan dentro de las áreas relacionadas con la Biotecnología representan el 46.8% del total de miembros del SNI y se encuentran ubicados en diversos centros de investigación.

En efecto, a nivel de los espacios organizacionales de adscripción de los biotecnólogos, el segundo puesto lo ocupan las instituciones del sector salud y el tercero, las empresas paraestatales, como el Instituto mexicano del Petróleo (IMP) y otros laboratorios. Sin embargo, como se ha mostrado con anterioridad la mayor concentración de investigadores relacionados con la Biotecnología (83.28%) se encuentra laborando en instituciones de educación superior.

Tabla 4.1 Espacios de adscripción de los biotecnólogos en el SNI 2012

Instituciones de adscripción	Número	Porcentaje
Universidades Públicas	7 251	83.28%
Sector Salud	1276	14.65%
Empresas privadas	7	0.08%
Empresas Paraestatales: IMP	173	1.99%
Total	8707	100.00%

Fuente: en base al análisis de la base de datos SNI 2012.

A nivel de las IES, como se mostró en la gráfica 3.2 las IES que reportan una mayor concentración de investigadores relacionados con la Biotecnología y con un alto nivel de consolidación en el SNI (nivel 2 y 3), y se encuentran en cuatro instituciones: UNAM, CINVESTAV, UAM y COLPOS.

Otro aspecto importante de la Biotecnología es el relativo a su aplicabilidad. En efecto, el abanico de posibilidades de aplicación de la Biotecnología se ha ido incrementando de manera exponencial, no solamente por el avance científico, el uso de técnicas e instrumentos, la confluencia de investigadores de varias disciplinas, sino también por los nichos de oportunidad que ofrecen el mercado y la sociedad civil para aplicar sus conocimientos.

Para dar un ejemplo de lo anterior puedo mencionar que la aplicación de la Biotecnología se encuentra en ámbitos como la farmacia, la medicina, la agricultura, la petroquímica y la bio-remediación, entre otros. Lo cual contribuye a que el desarrollo y la aplicación de los conocimientos generados por este



campo resulten de interés para varios sectores, desde el empresarial, el gubernamental hasta el ámbito social.

#### **4.2 Antecedentes de la Biotecnología**

Ahora bien, aunque la institucionalización de la Biotecnología es reciente, la Biotecnología ha sido una práctica cotidiana desde hace más de 4000 años. Como su nombre lo indica, la "bio" tecnología usa seres vivos o sus componentes, con el fin de obtener un producto o un servicio útil para el ser humano. En este sentido se consideran como tratamiento biotecnológico a la transformación tradicional que se hace y se sigue haciendo, desde hace miles de años, de los productos que provienen de la fermentación (pan, queso, vino, cerveza, etc.), ó a la transformación de los cultivos para mejorar la producción o calidad nutricional de los granos comestibles (maíz, arroz, trigo).

La diferencia fundamental entre la tradicional y la nueva Biotecnología radica en que, antiguamente los hombres, en todas las latitudes, eran biotecnólogos empíricos que desconocían cómo se llevaban a cabo los procesos. A esta manera de manipular las especies animal o vegetal se le conoce como Biotecnología tradicional.

La Biotecnología tradicional estuvo presente desde el inicio de todas las civilizaciones desde el momento en que la mano del hombre modificaba el medio para resolver sus necesidades de sobrevivencia. ¿Cómo? Seleccionando las semillas más resistentes y con mejor rendimiento para producir alimentos, alternando la siembra de ciertas especies para no fatigar el suelo con un monocultivo; seleccionando los pies de cría más sanos y fuertes para asegurar un ganado fuerte y sano.

Con esto quiero decir que la Biotecnología era una práctica cotidiana y que por lo tanto los polos de referencia de esta área pudieron haberse localizado en cualquier parte del mundo. Sin embargo, como lo muestran los flujos migratorios de formación se sabe que los investigadores de este campo –a pesar de sus trayectorias disciplinarias- confluyen regularmente en ciertos países y en ciertas instituciones, como: Estados Unidos, Francia, Inglaterra, España, Alemania y Canadá.

Ante este panorama valdría preguntarse sobre: ¿Qué elementos han intervenido en el desarrollo y visibilidad de la Biotecnología como un campo

disciplinario? ¿Qué tipo de factores han intervenido en la construcción de los polos de referencia en Biotecnología a lo largo de su historia? Y conocer ¿Cuáles han sido las redes que se han tejido para la reproducción y evolución de este campo?

Para este fin, de acuerdo con las maneras de abordar el objeto de estudio, las aplicaciones y los actores que han intervenido en la evolución y visibilidad de la Biotecnología, he dividido la historia de la Biotecnología en tres grandes etapas.

Tabla 4. 2 Eventos, aplicaciones y actores involucrados en la visibilidad y evolución de la Biotecnología

Año	Eventos	Aplicaciones	Actores involucrados
1865	Establecimiento de las bases de la Biotecnología. Descubrimiento de los microorganismos (Pasteur) y los factores hereditarios (Mendel)	Primera vacuna contra la Rabia. Investigación sobre los factores hereditarios	Científicos Estado
1940	La manipulación genética de los organismos (Borlaug y Fleming).	Producción de alimentos y antibióticos a gran escala: La semilla Mejorada y la penicilina	Científicos, Estado y Empresas privadas:
1973	La manipulación del ADN. Experimentación en el campo de la Biología molecular y la Ingeniería genética.	Nuevos nichos de aplicación: Petroquímica, clonación, farmacia, medio ambiente, entre otros.	Colectivos y Asociaciones de científicos, Estado. Empresa privadas y Organizaciones civiles

Fuente: Elaboración propia.

### **4.3 Primera etapa de la visibilidad de la Biotecnología**

De acuerdo con Kuhn (1977), los cambios paradigmáticos en la ciencia están asociados no solamente al cambio de las prácticas sino también a la existencia de un proceso social complejo que hace observables nuevos problemas y preguntas o viene a dar respuesta a problemas que no se habían resuelto hasta el momento.

En el caso del paso de la Biotecnología tradicional a la moderna en 1865, este cambio se puede asociar a tres elementos importantes. Primero, a la utilización de instrumentos de medición que ampliaron las capacidades de observación y comprensión de los procesos de transformación de la materia. Segundo, a la aplicación de los descubrimientos biológicos en la solución de problemas de

orden social, a través de la generación de vacunas y antibióticos. Tercero, al interés de ciertos organismos públicos y privados para impulsar la generalización de la aplicación de los descubrimientos de la Biotecnología y su aplicación a la solución de problemas concretos.

En efecto, el descubrimiento del microscopio en 1590, por un fabricante de anteojos de origen holandés, llamado Zacharias Janssen, contribuyó a que los hombres de ciencias pudieran observar a nivel micro los componentes de los organismos. Por ejemplo, en 1665, el inglés Robert Hooke publicó el libro: *Micrographia*, primer libro donde se describían las observaciones de varios organismos realizadas a través de un microscopio. A Robert Hooke se le atribuye el concepto “células” que utilizó para referirse a los compartimientos que encontró al observar un pedazo de corcho.

En 1865, la utilización del microscopio fue de gran utilidad para que los trabajos del químico Louis Pasteur rompieran con el paradigma que se tenía sobre el origen de la generación espontánea de la vida. De acuerdo con esta teoría, que provenía desde los antiguos griegos, se pensaba que se podía crear materia orgánica a partir de la materia inorgánica. Por ejemplo, que del fango surgían los gusanos, de la carne las moscas y de la acumulación del polvo nacían las arañas y los ácaros.

Louis Pasteur estudió los procesos de fermentación en productos como la fruta, la leche y la cerveza, y demostró que ésta se debe a la presencia de microorganismos. Este químico francés demostró que los microorganismos no tienen la capacidad de reproducirse en ausencia de oxígeno. Con sus experimentos mostró la existencia de los gérmenes y logró detener la descomposición de los productos, con lo cual rebatió de manera definitiva la antigua teoría de la generación espontánea. Demostró que eliminando estos organismos mediante el sometimiento a altas temperaturas, se podía eliminar la descomposición de los productos. A este proceso se le conoce como la pasteurización en honor a este investigador francés, forma de reconocimiento en base al uso de la eponimia (Merton, 1977). Cabe mencionar que el proceso de la pasteurización se aplica aún hoy en día como una norma de higiene en muchos procesos básicos de la industria alimentaria.

Este hecho que parece a simple vista intrascendente, muestra cómo la utilización de instrumentos, el manejo de conocimientos, la replicación de

experimentación y la posición que tenía este investigador francés como decano de la Escuela Normal de París, contribuyeron al cambio de paradigma. Apoyado en la utilización del microscopio, Pasteur también trabajó en el ámbito farmacéutico. Este científico creó la primera vacuna contra la Rabia, enfermedad por la cual morían grandes cantidades de personas en ese tiempo. Primero, experimentó con animales y después tuvo la oportunidad de aplicar sus conocimientos con seres humanos.

Según los datos históricos sobre el descubrimiento del virus de la Rabia se sabe que Louis Pasteur, después de haber curado al primer paciente, llegaron a las puertas de su laboratorio miles de personas en busca de la vacuna contra la Rabia, que en ese tiempo se tenía como una enfermedad maligna y mortal (De la Rosa, 2011).

A pesar del rechazo de las investigaciones de Pasteur por los veterinarios de la época, por el manejo de productos químicos en animales y la posible alteración de los compuestos utilizados en las presentaciones públicas (De la Rosa, 2011), la emergencia coyuntural en el tema de salud, contribuyeron a posicionar un nuevo paradigma en el campo, lo que equivaldría en términos de Kuhn (1977) a una revolución científica. Este hecho le valió a Pasteur el reconocimiento social de sus pares con la entrada a la Academia Francesa y la fundación del Instituto en 1888 que hasta la fecha lleva su nombre, con lo que se inició el estudio de la microbiología.

Hoy en día, el Instituto Pasteur continúa en operación, es uno de los polos de referencia más importantes del mundo para el estudio de las enfermedades infecciosas, el estudio de los microorganismos y de la genética molecular.

Otro científico de gran importancia para el desarrollo de la Biotecnología fue Gregor Mendel, considerado el padre de la genética. La pregunta sobre la manera en cómo las características genéticas pasan de generación en generación desconcertaba a los hombres de ciencia, desde Aristóteles hasta Darwin. Fue Mendel, un monje de la región de Moravia, actual República Checa, quien ofreció una respuesta sustentada en la experimentación, observación y la demostración en base a datos estadísticos sobre la herencia genética.

Mendel buscó explicar la herencia genética a partir de la cruce de las plantas y superar así las antiguas concepciones sobre la herencia que aún prevalecían

en su época, según las cuales los caracteres se transmitían de padres a hijos a través de una serie de fluidos relacionados con la sangre. Mendel expuso una nueva concepción de la herencia según la cual los caracteres no se heredan como tales, sino que sólo se transmiten los factores que los determinan. A estos factores de Mendel se les conoce, hoy en día, como genes.

A diferencia de los trabajos de Pasteur -apoyado por sus pares disciplinarios, la institución donde trabajaba, la aplicación de sus investigaciones y por lo tanto, el reconocimiento del Estado y de la sociedad civil- los trabajos de Mendel fueron incomprensidos en su tiempo. De acuerdo con González Astorga (2001:72), Mendel publicó el resultado de sus experimentos, en 1863, en el *Boletín de las Ciencias Naturales de Brno*, bajo el nombre de: *Experimentos de hibridación de plantas*, y en ese escrito no se encontraban rastros de explicaciones químicas, ni biológicas, ni asociadas a las ciencias naturales, sólo había fórmulas;<sup>58</sup> por lo cual fue descalificado por sus pares, los investigadores en ciencias naturales de la época.

Tuvieron que pasar más de 30 años para que estos avances científicos y una nueva manera de ver el objeto de estudio fueran entendidos y se reconociera a Mendel como padre de la Genética.

Esta comprobación involucró muchos trabajos de diferentes científicos de todo el mundo. Por ejemplo, los trabajos realizados sobre la misma línea fueron las investigaciones de Friedrich Miescher un biólogo suizo que, en 1868, aisló, por primera vez un compuesto al que llamó nucleína y que contenía ácido nucleico. Con esta contribución se dieron los primeros pasos para la identificación de los elementos que conllevan la información hereditaria: el ADN.

Más adelante, en 1902, el médico Walter Stanborough Sutton, de la universidad de Columbia, estableció que los cromosomas se encuentran en parejas y que podrían ser los portadores de la herencia, validando, así, la teoría de Mendel. Todos estos trabajos realizados en áreas diversas, como la medicina, la biología, las ciencias naturales, la química, la física y las matemáticas, aún no se llamaban Biotecnología. Sin embargo en la

---

<sup>58</sup> La primera Ley de Mendel o principio de la uniformidad de híbridos en F<sub>1</sub>, se representa de la siguiente manera:  $Aaxaa=Aa$ , que significa que cuando se cruzan dos progenitores, uno de raza dominante (AA) con otro de raza pura recesiva (aa), todos sus descendientes son Híbridos iguales (Aa), a esta primera generación se le llama primera generación filial. Fuente: Mendoza-Sierra (2009).

reconstrucción histórica de los polos de referencia de este campo, hoy en día se reconoce la confluencia de estas disciplinas en la emergencia de la Biotecnología moderna y se considera, también, al instituto Pasteur como el primer laboratorio dedicado al estudio de los microorganismos para el desarrollo de fármacos contra las enfermedades infecciosas.<sup>59</sup>

#### ***4.4 Segunda etapa: La Biotecnología en la producción de alimentos y antibióticos a gran escala***

Se puede ubicar como segunda etapa del desarrollo y de la legitimación de la Biotecnología al momento en el cual, con el apoyo de los instrumentos de medición más sofisticados se va delimitando el objeto de estudio, se profundiza en el desarrollo del conocimiento y, con la intervención de actores externos al campo científico, se llega a la aplicación a gran escala de los hallazgos generado en el campo de la Biotecnología. ¿De qué manera estos elementos contribuyeron en la construcción de los polos de referencia en el área de la Biotecnología? ¿Qué tipo de alianzas se establecieron para lograr la visibilidad y legitimación de ciertas técnicas en el área de la Biotecnología?

En el plano de la visibilidad y legitimación del trabajo científico por los pares y los actores externos este período puede caracterizarse por varios factores colaterales.

- a) En primer lugar, en este período, que inicia en el siglo XX, se empiezan a consolidar ciertos espacios como polos de referencia en el desarrollo de lo que será la Biotecnología. Las universidades de Estados Unidos (Columbia, Stanford, Illinois, Arizona, Minnesota, por mencionar algunas), el instituto Pasteur y el instituto Max Planck empiezan a agrupar investigadores que trabajan en la manipulación de los microorganismos.
- b) En segundo lugar, la participación de las compañías privadas en el desarrollo y financiamiento de la investigación de la Biotecnología, particularmente para resolver problemas alimenticios y de salud, como la fundación Rockefeller y el grupo farmacéutico Pfizer.
- c) En tercer lugar, aparecen los primeros Premio Nobel relacionados con los aportes en Biotecnología: Norman Borlaug obtiene el Premio Nobel

---

<sup>59</sup> <http://www.pasteur.fr/ip/easysite/pasteur/fr/recherche>. Consulta julio 2013.

de la Paz en 1970 por su ofrecer una alternativa para detener el problema del Hambre en el Mundo, o en ámbito farmacéutico: Fleming, Chain y Florey en 1945 obtienen el premio Nobel de Medicina por el descubrimiento de la penicilina.

- d) En cuarto lugar, la aplicación de los conocimientos generados a gran escala se vuelve visible a un amplio sector de la sociedad y es objeto de ideas encontradas sobre los efectos económicos, sociales y ecológicos que conlleva la aplicación de la Biotecnología fuera del laboratorio.

#### ***4.4.1 La Biotecnología y el desarrollo de alimentos***

Estados Unidos, es uno de los polos de formación y desarrollo de la Biotecnología principalmente en el tema de la manipulación de los organismos vegetales. Este campo de investigación logró llamar la atención de los tomadores de decisiones en un momento crucial para el mundo entero: el problema del hambre luego de la Segunda Guerra Mundial.

En efecto, después de la Segunda Guerra Mundial, la falta de alimento fue motivo para que los gobiernos<sup>60</sup> y las organizaciones privadas buscaran una solución a la hambruna general y evitar así un problema económico global.

Para resolver este problema, los aportes de Mendel fueron el modelo a seguir para la selección y el cruzamiento de las plantas, dentro de las mismas especies. Esto dio lugar a la mejora de la producción de las semillas a gran escala por medio de la semilla mejorada genéticamente.

Salir del laboratorio y buscar un espacio para llevar a cabo la experimentación de la semilla mejorada involucró la búsqueda de grandes extensiones de tierra con buenas condiciones de suelo, la ubicación geográfica adecuada, la instalación de sistemas de riego controlado, la contratación de personal

---

<sup>60</sup> De manera colateral gran parte de la visibilidad de la Biotecnología como una alternativa para resolver los problemas de orden social se debe a la participación de los economistas y a los tomadores de decisiones luego de la Segunda Guerra mundial. De acuerdo con los trabajos de Edmundo Flores, las teorías del economista Thomas Malthus sobre el bajo abastecimiento de alimentos, el crecimiento de la población y la hambruna, fueron temas discutidos por los economistas y los tomadores de decisiones después de la Segunda Guerra Mundial. Las alternativas económicas propuestas fueron: el control de la natalidad en los países pobres mediante procedimientos quirúrgicos y farmacológicos; el control demográfico de los países pobres mediante el establecimiento de un tope salarial, para que los bajos salarios fueran un mecanismo de autorregulación demográfico; la búsqueda de estrategias para la producción a gran escala de alimentos: Flores, Edmundo, 1972.

calificado y de mano de obra barata, así como el establecimiento de acuerdos entre los propietarios de la tierra para aceptar las condiciones –positivas y negativas- de tal experimentación.

En el caso de México, esto fue posible, en 1943, con la firma de un convenio entre la Fundación Rockefeller y el Ministerio de Agricultura de México los cuales decidieron financiar a Norman Borlaug, ingeniero agrónomo procedente de la Universidad de Minnesota, para la realización de un programa que generara variedades de semillas de alto rendimiento y resistentes a las plagas, a cambio de un *paquete tecnológico*.

Este paquete consistía en la instalación del primer centro para la investigación de la semilla mejorada con fondos mixtos, conocido como Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el asesoramiento en la producción y comercialización de la semilla mejorada, el fortalecimiento del sistema de riego del estado de Sinaloa,<sup>61</sup> el otorgamiento de crédito para los propietarios de la tierra que quisieran participar en este proyecto<sup>62</sup> y la formación de cuadros.

Cabe mencionar que los primeros beneficiados de este acuerdo fueron los alumnos de la escuela de agronomía, la más antigua de México, quienes fueron becados para llevar a cabo estudios de maestría, especialización y doctorado en instituciones de Estados Unidos, creando así un primer polo de formación en el ámbito agrario.

De acuerdo con la información reportada por los CVU de los investigadores egresados de la Escuela Nacional de Agricultura (actual Universidad Autónoma de Chapingo: UACHap) adscritos en el COLPOS, los países de formación a nivel doctorado se muestran en la gráfica 4.1.

Además de la formación de cuadros, los alumnos de la UACHap también participaron activamente en la recolección de los diferentes tipos de maíz en México y América Latina para llevar a cabo el estudio del germoplasma del

---

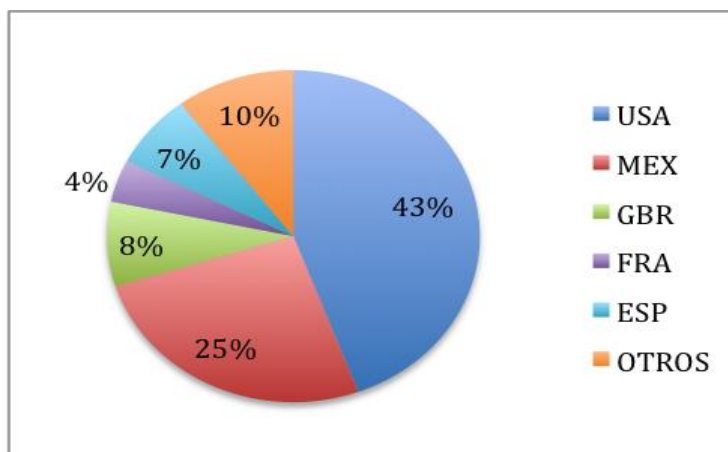
<sup>61</sup> La participación del Estado Mexicano y los empresarios en la creación de infraestructura del país fue apoyada por la modificación del artículo 27 Constitucional que dio garantías a la pequeña propiedad y al minifundio. Por su parte, el organismo encargado de hacer la transferencia de la nueva tecnología en todo el país fue, hasta 1963, la desaparecida Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

<sup>62</sup> Las instancias creadas para financiar el desarrollo del campo fueron, en orden cronológico: El Banco Nacional de Crédito Agrícola, creado en 1926. El Banco Nacional de Crédito Ejidal, creado en 1935. El Banco Nacional Agropecuario, creado en 1965; y la fusión de los anteriores en 1975 con el nombre de Banco Nacional de Crédito Rural.



Maíz. El acervo de este material se encuentra bajo custodia de CIMMYT México.<sup>63</sup>

*Gráfica 4 1 Principales países de formación a nivel doctorado de los investigadores egresados de la Universidad Autónoma de Chapingo*



Fuente: Elaboración en base al análisis de los CVU formados en UACHap, que se encuentran trabajando en COLPOS. Corte 2012.

En este programa se varió el grosor y la altura del tallo: las plantas fueron más pequeñas por lo cual resistían el peso de la semilla, los desgastes del viento y la lluvia. También, en esta experimentación se controlaron las condiciones de riego, se incluyó la utilización de maquinaria para el cultivo y el abono agroquímico. Por primera ocasión, se aplicaron los pesticidas y se obtuvo la semilla mejorada genéticamente capaz de triplicar la producción agrícola, susceptible de sembrarse en una gran variedad de climas y suelos, donde se pudieran replicar las condiciones en las cuales había sido creada.

De acuerdo con los datos sobre la *Revolución Verde* de Borlaug, las primeras variedades del programa triplicaron la producción de granos, lo cual le valió a Norman Borlaug el Premio Nobel de la Paz en 1970.

Cabe mencionar que después del CIMMYT de México se instaló una red a nivel mundial de centros de Investigación de este tipo. Hasta 2013, se han fundado 15 de centros de investigación en diferentes lugares del mundo, apoyados por la fundación Rockefeller, Ford y, a partir de 1980, por el *Consultative Group on International Agricultural Research* (CGIAR), organismo que funciona con apoyo de donadores, el Banco Mundial, la Organización de las Naciones

<sup>63</sup> <http://www.cimmyt.org/es/>.

Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés). Con lo cual se tiene el control de la base alimenticia de todo el planeta.

*Mapa 4.1 Centros Internacionales de investigación agronómica apoyados por la fundación Rockefeller-Ford- CGIAR hasta 2012*



Fuente: <http://www.cgiar.org/cgiar-consortium/research-centers/> fecha de consulta julio 2013.

En México, tradicionalmente la producción agrícola se basaba en el trabajo humano y animal, las semillas que se sembraban provenían de su lugar de origen, así como la composta y el estiércol con el que se fertilizaba el suelo. En el siglo XX, este modelo cambió el paradigma agrícola, principalmente en zonas donde la producción de grano estaba destinada a la comercialización, por uno que diera grandes resultados en períodos cortos de tiempo.

Sin embargo, tanto para los grandes propietarios con capacidad para llevar a cabo este cambio como para los pequeños propietarios, y los arrendatarios de la tierra, este cambio trajo aparejados graves problemas sociales, ecológicos y económicos: la dependencia de los insumos externos, la compra de la maquinaria para la labranza y la cosecha, el combustible para el funcionamiento del tractor, la compra de fertilizantes y también la compra de la semilla mejorada.

Para algunos economistas mexicanos como Yúnez (2010), la introducción de dichas innovaciones trajeron un gran desequilibrio en la sociedad al provocar dependencia, desigualdad social y empobrecimiento para los campesinos donde las condiciones geográficas y la falta de acceso al crédito subsidiado por el Estado los hicieron abandonar sus tierras y migrar a las grandes ciudades.

En contrapartida los agentes externos que comercializan los insumos, los fertilizantes y las semillas como las firmas: Monsanto, Novartis y Dupont, han tenido ganancias significativas. Este hecho se debió no solamente por haber desplazado a los competidores nacionales, como el caso de FERTIMEX en México,<sup>64</sup> sino por el gran mercado que han creado a lo largo y ancho del mundo agrario. De acuerdo con Morales-Zepeda (2007:165), la inversión de estas tres compañías en pesticidas y semillas, aunado a la inversión que tienen en el campo de ingeniería genética les permite controlar el 80% de los insumos agrícolas a nivel mundial.

Por su parte el incremento de la aplicación de pesticidas también ha sido motivo de descontento y demandas por los daños a la salud que esto ha generado en las poblaciones, particularmente en los países periféricos.<sup>65</sup>

#### **4.4.2 La Biotecnología y el desarrollo de fármacos**

En esta misma época, también empezaron a dibujarse nuevos polos de formación en el área de Biotecnología en Europa, particularmente en el campo farmacéutico. Siguiendo los trabajos de Pasteur y otros microbiólogos varios investigadores de diferentes universidades europeas se dieron a la tarea de analizar las bacterias que producían las enfermedades. Uno de ellos fue el

---

<sup>64</sup> En la década de los cuarenta en México se promovió el uso de abonos naturales y químicos para incrementar la producción agrícola a través de la empresa Guanos y Fertilizantes de México, creada en 1943. En la década de los setenta surge Fertilizantes de México (Fertimex), quien abastecía el mercado nacional. Sin embargo, en diciembre de 1992, el gobierno federal, encabezado por Carlos Salinas, comenzó el desmantelamiento de Fertimex. Primero compró las compañías que le proveían los insumos y después la privatizó. Más adelante la falta de insumos obligó al cierre de la empresa en 1985. Consulta julio 2013 en: <http://www.cronica.com.mx/notas/2008/375396.html>.

<sup>65</sup> Ejemplo de las demandas judiciales que se han hecho a las compañías de pesticidas, es el caso ocurrido el 11 de abril 2013, en la zona tabacalera de Argentina, la cual en palabras de los agricultores agraviados mencionan que: *Los pesticidas de Monsanto no sólo contaminaban los cultivos de tabaco, sino también los pozos de agua, los arroyos y otras fuentes de agua destinadas al uso familiar, exponiendo a las familias a sustancias tóxicas*” Material consultado en abril 2013 en: <http://noticiasdeabajo.wordpress.com/2012/04/13/demanda-judicial-monsanto-y-las-grandes-tabacaleras-han-estado-envenenando-a-trabajadores-argentinos/>.

médico Alexander Fleming (1881-1955), investigador británico que estudió medicina en el hospital St. Mary's de Londres; allí se graduó en 1908 y allí se quedó a trabajar.

De acuerdo con datos históricos (Lax, 2004), en 1928, Fleming descubrió, accidentalmente, las propiedades de la penicilina. Este compuesto resultó, eficaz para combatir las infecciones provocadas por las bacterias, con lo que nace la época de los antibióticos. La utilización de esta sustancia permitió tratar diversas enfermedades que, en esa época, eran consideradas incurables.

La lógica de este trabajo de investigación fue la siguiente: utilizar un organismo vivo para contrarrestar la acción de otro organismo vivo. En este caso, los hongos del *Penicillium* destrozan las membranas de los gérmenes patógenos.

Entre la divulgación y la aplicación de estos hallazgos en el campo de la Medicina, pasaron 10 años.

Esto sucedió en plena Segunda Guerra Mundial, cuando el objetivo de las investigaciones de ese tiempo era encontrar una fórmula para curar a los heridos de guerra de las enfermedades infecciosas que les aquejaban. Primero se utilizó antisépticos sin muchos resultados. En 1938, el bioquímico Chain y el farmacólogo Florey, retomaron los trabajos de Fleming, en la universidad de Oxford, y se dieron cuenta de que para ser aplicados era necesario la producción en masa del hongo que producía el antibiótico. Con esta idea migraron a los Estados Unidos y convencieron a la empresa química norteamericana Pfizer para la comercialización de este producto. Gracias a este avance en el ámbito de la salud, Fleming, Chain y Florey recibieron el Premio Nobel de Medicina en 1945.<sup>66</sup>

Vale la pena mencionar que, de acuerdo con el estudio de Mendoza-Beltrán (2012), sobre la industria farmacéutica, Pfizer es la compañía que obtiene

---

<sup>66</sup> El equipo de investigadores de la Universidad de Oxford, estaba compuesto por Ernst Boris Chain, investigador refugiado alemán experto en purificar moléculas orgánicas. Norman George Heatley encargado en cultivar grandes cantidades del hongo y Howard Walter Florey, Profesor de Patología a cargo de los experimentos biológicos y de conseguir fondos para la investigación. Alrededor de estos tres investigadores existía un pequeño ejército de ayudantes, estudiantes y becarios, que convirtieron el laboratorio en una especie de fábrica en la que trabajaban las 24 horas, ya que la penicilina no era un compuesto fácil de manejar y la urgencia para encontrar la cura era un tema urgente para la época. En mayo de 1940 lograron experimentar con ratones y en febrero de 1941 realizaron el primer ensayo en humanos. Sin embargo la falta de material para producir la penicilina llevo a los investigadores a buscar el apoyo de una compañía farmacéutica para iniciar la producción a gran escala. Al acabar al guerra, en 1945, Florey, Chain y Fleming recibieron el Premio Nobel por el descubrimiento de la penicilina (Lax, 2004).

mayores ingresos por la venta de fármacos. Tan sólo en el año 2009, tuvo un ingreso de 50,009 millones de dólares. Mendoza-Beltrán (2012) demostró que la industria farmacéutica, agrupada en 10 grandes compañías, generó en 2009 ganancias por 393, 503 millones de dólares, equivalente al PIB de países como Colombia, Bélgica, Egipto ó Suiza.

Tabla 4.3 Ingreso de las principales compañías farmacéuticas en 2009

Compañía	Ingreso	Ingresos netos USD	Ventas en millones de USD	% Crecimiento anual
Merck & Co/Inc	27,428,30	13, 024,20	27,428,30	15%
GlaxoSmithKline	45,268,57	9,046,37	36,358,40	16%
Pfizer Inc	<b>50,009,00</b>	8,630,00	50,009,00	4%
Novartis AG	45,103,00	8,454,00	44,267,00	7%
Roche Holding Ltd.	46,941,00	8,143,93	47,109,20	8%
Sanofi- Aventis SA	40,727,15	6,227,81	37,560,60	6%
AstraZeneca	32,804,00	7,544,00	32,804,00	4%
Abbott Laboratories	30,764,71	5,745,84	30,764,70	4%
Bayer AG	41,282,12	1,800,00	82,597,20	5%
Genzyme Corporation	4,515,52	422,30	4,605,03	2%
Total	364,843,37	69,038,45	<b>393,503,43</b>	7.10%

Cuadro tomado de Mendoza Beltrán, 2012: 40.

En este mismo orden de ideas, Angell (2004) mostró que los altos costos de los fármacos se deben a las campañas de comercialización de los medicamentos y no a los gastos destinados a la investigación. De acuerdo con Angell (2004), las cifras presupuestarias que las empresas farmacéuticas destinan al desarrollo de la investigación de fármacos es de alrededor de un 13% del presupuesto, mientras que el presupuesto destinado para el posicionamiento de un fármaco dentro del mercado va de un 30 al 35 % del presupuesto anual.<sup>67</sup> Lo cual posiciona a la industria farmacéutica como una de las industrias más rentables a nivel mundial, después de la banca y el petróleo.<sup>68</sup> Antes de finalizar, es importante anotar en este espacio algunos de los factores que influyeron en la adopción de los paradigmas científicos y en la construcción de los primeros polos de formación en Biotecnología.

- El primero de ellos fue el contexto que dibujaba desequilibrios económicos (la falta de alimento y la alta mortalidad por falta de cura).

<sup>67</sup> Angell, M. 2004. The truth about drug companies. New York Review of Books. <http://www.nybooks.com/articles/archives/2004/jul/15/the-truth-about-the-drug-companies/>

<sup>68</sup> Información tomada de <http://www.forbes.com.mx/sites/category/economia-y-finanzas/>. 15 de julio 2013.

Este elemento aportó las condiciones para poder poner en marcha los trabajos del laboratorio.

- En segundo lugar, fue la convergencia de decisiones políticas y acuerdos empresariales para instalar centros de investigación, como CIMMYT, por ejemplo. Esto contribuyó a reproducir esquemas particulares de hacer ciencia, crear una red-mercado internacional de productos generados con marca registrada, inducir a los consumidores a la adopción de paquetes tecnológicos que incluían: financiamiento, capacitación, venta de equipo, insumos y hasta canales de comercialización del producto. En este marco resulta entendible la expansión en el mundo de la semilla mejorada y de los fármacos de las mega-compañías como Monsanto, Dow, Basf y Dupont, o las farmacéuticas como Pfizer, Syngenta, Bayer, que proveían no sólo los productos sino, también los insumos complementarios.
- En tercer lugar, la inclusión de temas relacionados con la Biotecnología en las universidades y la formación de cuadros a través del otorgamiento de becas. Con lo cual se establece una relación ventajosa para todos los involucrados. Las universidades reciben apoyo extraordinario por parte de los organismos que ofrecen las becas, lo cual les permite llevar a cabo proyectos de investigación, difundir sus conocimientos y retroalimentarse del conocimiento de los jóvenes talentos de diferentes partes del mundo, tener mayor visibilidad en el ámbito formativo y asegurar la reproducción de los paradigmas científicos. A su vez, los becarios tienen la oportunidad de participar en los espacios de socialización donde se lleva a cabo el conocimiento de frontera. Por su parte, los organismos que aportan las becas se benefician de las reducciones fiscales por concepto de donaciones y poder influir en los temas de investigación. Como ejemplo de lo anterior baste decir que la inclusión del doctorado en áreas como Biología Molecular, Biomédica, Ingeniería Genética y Bioremediación se encuentra en los planes y programas de las 10 universidades de Estados Unidos del top mundial. Estas universidades son: Yale, Princeton, Harvard, Caltech, Massachusetts, Stanford, Duke, Dartmouth y Columbia. En el caso de Francia los temas de Medicina, Farmacia,

Agroalimentarios y Bioremediación forman parte de los planes y programas de doctorado dirigidos por el Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia (CNRS),<sup>69</sup> o bien, en Alemania, en el Instituto Marx Planck.<sup>70</sup>

- En cuarto lugar, la validación del quehacer científico por los pares a través de los Premios Nobel: de la Paz para Borlaug y de Medicina para Fleming, Chain y Florey.
- En quinto lugar la participación del sector privado en el desarrollo de la investigación, formación de cuadros y en la creación de compañías privadas para el desarrollo de temas relacionados con la Biotecnología.

Es importante mencionar que la creación de centros de investigación científica en el campo de la Biotecnología financiados por firmas privadas ha ido en aumento año con año. Para ilustrar este hecho, retomo los datos de la OCDE.

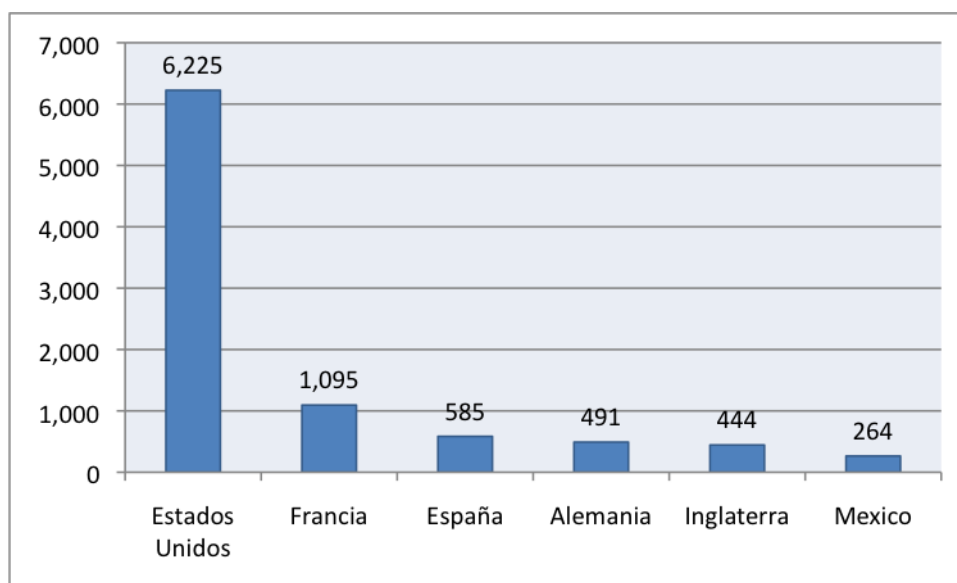
De acuerdo con este organismo, las empresas dedicadas al desarrollo de la Biotecnología están clasificadas en dos categorías en función del número de empleados con que cuentan. En 2011, los países donde se alojan las grandes firmas dedicadas a la Biotecnología son: Estados Unidos con 2,954, Francia (941), España (660) y Alemania con 565 compañías. Los datos sobre México, reportados por la OCDE, corresponden a los países donde se alojan las compañías con menor número de empleados (20 a 50 empleados). En ésta México se encuentra en la sexta posición con 264 compañías privadas dedicadas a la Biotecnología.

---

<sup>69</sup> Dentro de las instituciones francesas dedicadas a la investigación en Biotecnología se encuentran: Institut national de la recherche agronomique, el Réseau national des génopoles: la Association des entreprises de biotechnologie, Biotechnologies en région parisienne, la Agence Nationale de la Recherche, la Fondation Alfred Kastler, la Adebitech, y el Centre de recherche sur le génome humain.

<sup>70</sup> La sociedad Max Planck es una red que abarca diferentes campos de la ciencia. En 2006 fue considerada por el *Times Higher Education Supplement* como el organismo número uno en investigación científica y la número tres en investigación tecnológica a nivel mundial. Dentro de sus científicos se cuentan 16 Premios Nobel.

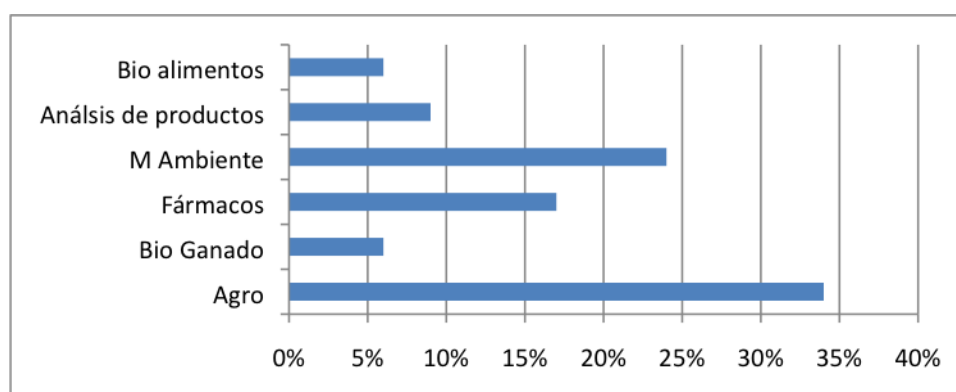
*Gráfica 4.2 Número de pequeñas compañías dedicadas al desarrollo de la Biotecnología, OCDE en 2011.*



Fuente: Biotechnology Statistics Database, Diciembre 2012. Sitio: OECD. Key Biotech Indicators.

Por su parte, los datos presentados localmente por INEGI, reportan datos distintos a la OCDE. En el caso de INEGI, en el año 2012 México existen 70 compañías privadas dedicadas al desarrollo de productos biotecnológicos.

*Gráfica 4.3 Empresas privadas dedicadas al desarrollo de la Biotecnología en México.*



Fuente: Información INEGI, ver listado completo en Tabla 4 del Anexo.<sup>71</sup>

Como se puede observar la Gráfica 4.3 el mayor porcentaje se encuentra en el desarrollo de productos para el campo (34%) y el tema de la bioremediación con el 24% y la producción de fármacos (17%), ya que los demás espacios de

<sup>71</sup> Cabe mencionar que para la realización de este listado se enumeraron las compañías mexicanas relacionadas con el ámbito Biotecnología, en la página de INEGI como productoras, lo cual significa que puedan existir otras compañías en el Mercado y que no estén registradas en esa base de datos.



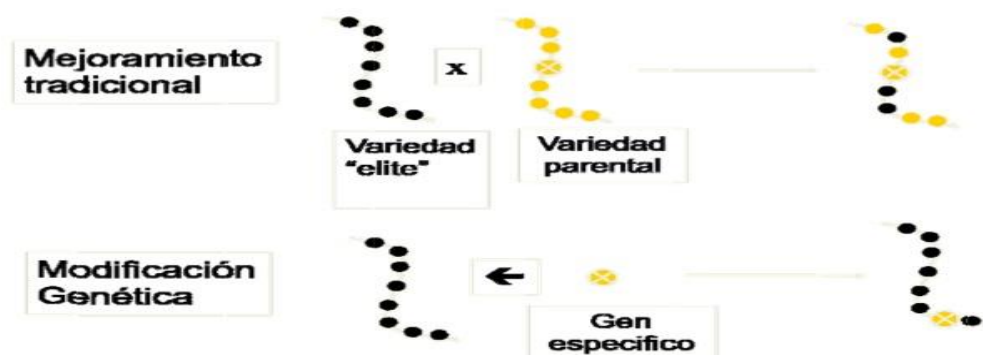
la aplicación biotecnológica se encuentran operando con el patrocinio de firmas extranjeras.

#### **4.5 Tercera etapa de la Biotecnología: La ingeniería genética**

El año de 1953, puede considerarse como el parte aguas de la Biotecnología: entre la cruce de los organismos y el descubrimiento del ADN en la manipulación a nivel molecular de los seres vivos, bajo el mecanismo de *cortar y pegar*. Cabe mencionar que el ADN es el material bioquímico de todas las células vivas y es portador de la información que controla las características hereditarias.

Tradicionalmente, el mejoramiento de los organismos se llevaba a cabo a través de la hibridación para encontrar el mejor ejemplar y reproducirlo (animal o vegetal). Gracias a las investigaciones sobre el ADN, la manipulación de los organismos se puede hacer a nivel celular con la técnica de cortar un gen de un organismo e insertarlo dentro de otro de diferentes características, para generar un cambio.

*Diagrama 4.1 Proceso de mejoramiento de los organismos.*



**Diferencias entre mejoramiento tradicional y el mejoramiento mediante ingeniería genética**

Fuente: imagen tomada del documento Como se produce una planta transgénica, editado por CIBIOGEM: 2000. [www.cibiogem.gob.mx/material.../Qué\\_es\\_la\\_Biotecnología.pdf](http://www.cibiogem.gob.mx/material.../Qué_es_la_Biotecnología.pdf).

Este proceso se lleva a cabo en cuestión de segundos. Para dar un ejemplo de lo anterior, los *ribosomas* pueden ensamblar una proteína de tamaño regular, en un minuto. Gráficamente estos dos procedimientos se muestran en el diagrama 4.1.

Las técnicas de investigación que utilizan este método de *cortar y pegar* para modificar los organismos vivos se iniciaron con el descubrimiento de la estructura del ADN y su función en la transferencia de características de un

organismo vivo a otro. Este hecho, ocurrido alrededor de 1953, les valió a Francis Crick, James Watson y Maurice Wilkins el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1962.

A partir de los años 70, la manipulación del ADN ofreció una nueva mirada sobre el objeto de investigación científica. Aparecieron nuevas disciplinas como la ingeniería genética y la biología molecular, que contribuyeron significativamente al desarrollo de la Biotecnología. La utilización de nuevas técnicas de manipulación y transferencia de ADN de un organismo a otro posibilitaron la creación de nuevas especies, la corrección de defectos genéticos, la fabricación de numerosos compuestos, así como la clonación de órganos y de seres vivos.

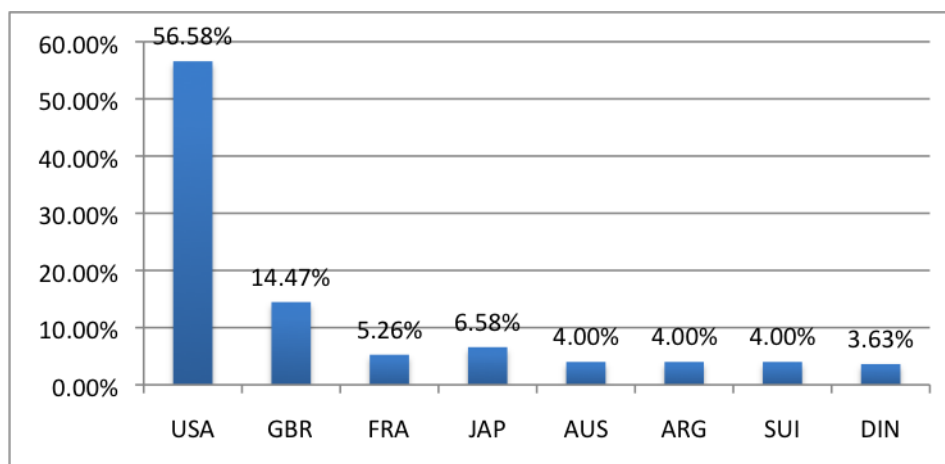
Muchos de estos trabajos de investigación se deben al bioquímico Stanley Cohen y al médico Herbert Boyer cuando utilizaron los genes para realizar el primer experimento con ADN recombinante en 1973, con lo que comenzó una nueva etapa en la historia de la Biotecnología, la era de la ingeniería genética.

Más adelante, en 1978, los trabajos del Dr. Herbert Boyer de la Universidad de California, San Francisco y el mexicano Bolívar Zapata de la UNAM permitieron crear el primer fármaco transgénico: la insulina (Goeddel, et al 1979).

Es importante mencionar que la participación de Bolívar Zapata en la ciencia de frontera contribuyó a establecer fuertes lazos entre la UNAM y la comunidad científica Internacional, en particular con los Estados Unidos. En el ámbito de la construcción del conocimiento, los trabajos de Zapata y Boyer forman parte de los trabajos más citados en el ámbito de la Biotecnología. Hasta noviembre 2012, los 175 documentos generados por Bolívar Zapata han recopilado el mayor número de citas de los investigadores mexicanos de esta disciplina: 12,596 (fuente SCOPUS).

Si bien no existe el premio Nobel de Biotecnología propiamente, los reconocimientos a los hallazgos de esta disciplina han sido otorgados bajo el Premio Nobel de Química, de Medicina o de la Paz, como fue el caso de Borlaug. Bajo estas condiciones, los premios otorgados desde 1970 hasta 2012 sobre temas relacionados con la Biotecnología son los siguientes:

*Gráfica 4.4 Premios Nobel asociados a la Biotecnología 1970 -2012.*



Fuente: los datos para la elaboración de este cuadro fueron tomados del histórico del premio Nobel de Medicina y de Química. Ver Tabla 5 con información completa en el Anexo.

De acuerdo con esta gráfica, 76 investigadores han sido premiados por trabajos directa o indirectamente relacionados con Biotecnología. De éstos, la mayor concentración se encuentra en dos países y en un área en particular: la medicina.

Del total de los premios Nobel con este perfil, Estados Unidos representa el 56.58%, Inglaterra el 14.47%, mientras que Francia posee un 5.26%. De igual manera se puede apreciar la existencia de investigadores de otros países, como Japón, con el 6.58% quien empezó a ser reconocido desde 1987 con las investigaciones de Susumu Tonegawa, y Canadá con el 3% cuando el investigador canadiense Sidney Altman fue laureado por sus trabajos sobre el ARN. Lo cual muestra, que, en la consolidación de esta área disciplinaria, empiezan a ser reconocidos los trabajos de investigadores de otras latitudes.

Como se puede observar en la gráfica 4.4, la adjudicación de los premios Nobel, por país, refleja la tensión existente entre las naciones y los colectivos por la priorización de los hallazgos, mencionada por Merton (1977). En el caso de la Biotecnología Moderna, este tema se vuelve más delicado a medida en que se incursiona a nivel más fino en el descubrimiento de la materia orgánica. En efecto, la manipulación del material genético, la transformación de los organismos humanos, se ha convertido en un tema controversial que impacta no solamente el ámbito científico sino también entra en terrenos económicos, legales y éticos.

Vale la pena detenerse en uno de los temas del desarrollo de la Biotecnología que podrá mostrar de qué manera los conocimientos generados en esta disciplina se encuentran en una arena de tensión que impacta las maneras de trabajar, las alianzas que se establecen para hacer ciencia y validar el quehacer científico, la entrada en escena de actores externos en la regulación del quehacer científico, así como la reconfiguración de los polos de formación.

#### **4.5.1 El proyecto del Genoma Humano y la Big Science**

Siguiendo la idea de Merton (1977), el análisis del Proyecto del Genoma Humano (PGH) muestra la manera en cómo un asunto científico, la difusión de paradigmas de una disciplina se desarrollan no solamente debido al avance científico cognitivo, sino también por condiciones u oportunidades dentro de los contextos (Borlaug) y los intereses que otros actores encuentran en la ciencia. De acuerdo con los estudios al respecto (Levy, 2000, y Gómez-Carrasquel, 2006) el PGH nació en Estados Unidos como una propuesta del rector de la Universidad de California en Santa Cruz, el biólogo molecular Robert Sinsheimer. Este investigador planteó la idea de fundar un Instituto para Secuenciar el Genoma Humano donde, a semejanza del proyecto de los físicos en la cartografía del cielo, las investigaciones en Biotecnología iniciaran proyectos en la *Big Science*.<sup>72</sup> Este proyecto animó a varias universidades de Estados Unidos por la posibilidad de atraer grandes cantidades de dinero para la realización de la investigación, atraer y formar científicos de alto nivel y posicionarse como un polo de referencia.

En mayo de 1985, Sinsheimer convocó una reunión con los mejores biólogos moleculares de Estados Unidos, para discutir sobre este proyecto. El desarrollo de tal proyecto también llamó la atención del Departamento de Energía (DOE) de los Estados Unidos. De acuerdo con Levy (2000), este departamento estaba interesado en la genética humana desde hacía tiempo, para entender los

---

<sup>72</sup> En 1887 el Observatorio Astronómico Nacional de México recibe una invitación del Almirante Mouchez el director del Observatorio de París para participar en el proyecto internacional de la Carta del Cielo. En este proyecto le tocó al Observatorio de Tacubaya cubrir la franja comprendida entre las declinaciones de -9 y -17 grados, aproximadamente 2450 grados cuadrados, es decir el 6% del área del cielo. En 1891 se instala en Tacubaya el telescopio refractor encargado de tomar las placas fotográficas de la Carta del Cielo, con lo cual la comunidad de física mexicana participa en el primer proyecto de Big Science desde esa fecha.(Bartolucci, 2000).

efectos de la radiación de las armas nucleares en los seres humanos y sus genes.

A sugerencia de uno de los funcionarios del DOE, Charles De Lisi planteó la necesidad de participar en la secuenciación del genoma humano por las implicaciones que esta podrían tener en el campo de la seguridad nacional, donde la tecnología nuclear estaba llegando a su fin.

Ante esta propuesta, en 1986, el científico James Watson (co-descubridor del ADN y premio Nobel en 1962) proponía que este proyecto debería quedar bajo la dirección de los científicos y no en manos de una organización como la DOE. Esto significaba que, dentro del proyecto, también debía intervenir el Instituto Nacional de la Salud (NIH, National Institute of Health) referente en la investigación médica en Estados Unidos.

El 1 de octubre de 1988, Watson fue nombrado Director Asociado de la Investigación del Genoma Humano por el NIH, con un presupuesto de más de 28,2 millones de dólares para el período 1988-1989. Por su parte el NIH y el DOE firmaron un Memorándum de Entendimiento, en el que las dos agencias se comprometían a cooperar en la investigación del genoma.

En 1988, cuando empezó a crecer el interés por el PGH se incorporaron varios países entre ellos: Estados Unidos, Australia, Brasil, Inglaterra, Canadá, China, Francia, Alemania, Dinamarca, Israel, Italia, Japón, Corea, México, Holanda, Rusia Suecia y Argentina. También se fundó la Organización del Genoma Humano (HUGO), que se encargó de coordinar los trabajos internacionales, para evitar repeticiones y malos manejos.<sup>73</sup>

En el caso de México, las instituciones mexicanas que participaron en el PGH fueron: la Secretaría de Salud, la UNAM, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Fundación Mexicana para la Salud y el CINVESTAV. También este proyecto fue de interés para los tomadores de decisiones, por lo que los senadores mexicanos apoyaron la participación del México y la creación del Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN) en 2004.<sup>74</sup>

---

<sup>73</sup> Su primer director fue el genetista norteamericano Víctor Mc Kusick, al que sucedió el británico Sir Walter Bodmer, director del Fondo Imperial para la Investigación del Cáncer.

<sup>74</sup> El Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN) fue fundado en el año 2004, como resultado del trabajo efectuado desde 2001 por el Consorcio Promotor del Instituto de Medicina Genómica, integrado por la UNAM, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de la Secretaría de Salud y la Fundación Mexicana para la Salud. El INMEGEN es líder nacional e internacional en la investigación genómica y tiene como objetivo principal contribuir al cuidado

En 1994, en el PGH hubo una ruptura que pone en competencia institutos de investigación universitarios con empresas privadas. El biólogo y estadounidense, Craig Venter al no ser reconocido su trabajo para acelerar la investigación en el genoma humano, fundó, con un financiamiento mixto, el Instituto para la Investigación Genética (TIGR).

En mayo de 1998, Craig Venter crea la primera empresa relacionada con el PGH, llamada *Celera Genomics*. Esta empresa se planteó como objetivo secuenciar el genoma humano a una mayor velocidad. Así, en 2001, dos años antes de lo previsto por el proyecto estatal, el 26 de junio, ambos colectivos anunciaron simultáneamente la obtención del primer borrador de GH. Al año ambos grupos publican los resultados de las investigaciones: Celera publica en la revista *Science* y el consorcio del Estado en una revista prestigiosa: *Nature*. Con lo que el prestigio de lo publicado se remite al valor del impacto de la revista en cuestión. Sin embargo, a nivel económico, Celera lleva la delantera al comercializar los resultados de sus hallazgos a través de la compañía Applied Biosystems.<sup>75</sup>

Este hecho convirtió a la investigación biotecnológica en una competencia por la prioridad de los descubrimientos y las patentes entre los laboratorios privados y los centros de investigación universitarios, e inició así, en el tema la Biotecnología, la discusión entre lo público y lo privado (García-Guardilla, 2005).

Después de ese hecho la discusión entre lo patentable y lo público se encuentra aún en la mesa de los abogados, sólo baste decir que actualmente, *Celera Genomics* cotiza en la bolsa de Wall Street.

#### **4.5.2 La validación de la ciencia en la época del ADN**

Al igual que en las etapas precedentes, las investigaciones en el área de Biotecnología empezaron a tener mayor visibilidad frente a la sociedad, los empresarios y los políticos; lo cual amplió notablemente los nichos para el

---

de la salud de los mexicanos a través del desarrollo de proyectos de investigación científica con tecnología de vanguardia, formación de recursos humanos de excelencia y generación de aplicaciones genómicas innovadoras para mejorar la atención de la salud, con apego a principios éticos universales y de respeto a los Derechos Humanos. Información tomada del sitio: <http://www.inmegen.gob.mx/es/acerca-de/>.

<sup>75</sup> Applied Biosystems: <http://es-x.invitrogen.com/site/mx/es/home/brands/Applied-Biosystems.html?CID=fl-AppliedBiosystems>.

desarrollo y la aplicación del quehacer científico. La diferencia entre esta etapa y las anteriores fue que las dinámicas de validación del quehacer científico entraron a un terreno de competitividad más agresivo. Donde el quehacer científico y la validez de éste pasan al ámbito de lo urgente, lo rentable, lo legal y lo social. ¿A qué me refiero con esto?

*Lo rentable:* En el campo científico, el descubrimiento del ADN fue fundamental para llevar a cabo proyectos de decodificación de procesos a nivel más fino, lo cual llevó a los científicos a establecer nuevos acuerdos en cuanto a la delimitación del objeto de estudio. Si anteriormente se consideraba como Biotecnología a la manipulación de los organismos vivos con un fin específico, después de los hallazgos realizados, las nuevas definiciones traen consigo delimitaciones más precisas sobre Biotecnología como: *Las técnicas “in vitro” de ácido nucleico, incluidos el ADN recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u orgánulos, o la fusión de células más allá de su familia taxonómica que superan las barreras naturales de la reproducción o la recombinación.*<sup>76</sup>

El desarrollo de la Biotecnología permitió contar con técnicas e instrumentos para la aceleración de los hallazgos científicos. A diferencia de las etapas precedentes donde los procesos de experimentación tomaban largos períodos de tiempo, la confluencia de instrumentos más sofisticados y los conocimientos generados acortó la distancia entre los hallazgos para mejorar la competitividad a largo plazo.

El desarrollo científico en Biotecnología se debió al establecimiento de las redes de colaboración internacionales, como fue el caso del PGH. Los ejemplos de Gibbons (1997) sobre la ciencia del tipo 2, encuentran varios ejemplos en los trabajos de la Biotecnología, donde la confluencia de capital humano, instrumentos, financiamiento y acuerdos establecidos con diferentes actores en diferentes latitudes del mundo (gobiernos, las universidades y el sector privado) lograron establecer redes de colaboración para la realización de mega proyectos que acortan la distancia y los tiempos de investigaciones.

La disyuntiva que presenta este tipo dinámica de trabajo (networking) en el quehacer de la ciencia, puede ser delicada. En primer lugar, el establecimiento

---

<sup>76</sup> Definición tomada del Protocolo de Cartagena (2000).

de los acuerdos sobre el uso de los hallazgos y la determinación de lo que es prioritario de ser estudiado. Esto es: ¿quién determina qué es prioritario?: lo rentable, lo público o lo susceptible de ser investigado, en cuyo caso cada uno de estos espacios presentan artistas divergentes.

En segundo lugar, como lo ha señalado Kreimer en múltiples ocasiones (2006-2009), el trabajo en mega proyectos deja de lado los temas que afectan a las comunidades pequeñas, en particular a los temas que aquejan a los países periféricos.<sup>77</sup>

Este hecho no es menor cuando se empiezan relacionar los espacios geográficos donde se producen los mayores avances -principalmente del cono norte- con el surgimiento de empresas de gran tamaño, que van influyendo tanto en la agenda de investigación de los laboratorios privados como en el de las universidades para que su trabajo sea visible, legitimado y financiado. En el caso de México será interesante observar, en las siguientes secciones, cuál ha sido la postura de cada uno de los colectivos analizados, en base a las líneas de investigación prioritarias determinadas por el campo y por las instancias que financian el desarrollo de CyT en México.

Los ejemplos citados a través del recorrido histórico de esta disciplina han dado que pensar sobre el vínculo del desarrollo de la Biotecnología bajo la óptica de lo aplicable, de lo rentable, cuestión que no solo ha sido percibida por los grandes empresarios, sino también por los científicos, lo cual reconfigura la figura del científico, en términos del *ethos* del académico al buscar la maximización de los capitales acumulados. Por ejemplo, los científicos –ganadores o no del premio Nóbel- encontraron en la comercialización de la Biotecnología un nuevo espacio para la aplicación de sus conocimientos y la generación de capital a gran escala. Como ejemplo de ello se encuentra los nombres de Craig Venter y James Watson que formaron

---

<sup>77</sup> A pesar de que la enfermedad de Chagas es considerada, por médicos y políticos como la principal endemia de América Latina, pues afecta alrededor de dieciocho millones de personas, la mayoría de ellos de zonas rurales y de escasos recursos económicos; los trabajos de Kreimer (2006) mostraron que la búsqueda de un fármaco para acabar con esta enfermedad no forma de los temas de investigación de los laboratorios privados ya que el público potencial destinado no tiene la capacidad económica para pagar por ello.



parte de la construcción de empresas privadas: *Celera Genomic* y el Laboratorio Cold Spring Harbor, respectivamente.<sup>78</sup>

*Lo legal:* Otro hecho interesante es que los hallazgos de la Biotecnología son susceptibles de ser patentados,<sup>79</sup> lo que implica autoridad, poder sobre los resultados, el uso y también la retribución económica para su creador. A nivel internacional los acuerdos sobre la emisión de patentes varía de país en país. Sin embargo en términos generales sólo se puede patentar aquello *que es producido por el hombre y que tiene una aplicación* (García y Domínguez, 2003:45).

En el caso de las patentes del PGH, este tema sigue aún en la mesa de debate. En opinión de los juristas (Talavera-Fernández, 2004) la información sobre el PGH debe de ser pública, mientras que para los consorcios privados, estos hallazgos, aunque provengan del ser humano, son susceptibles de ser patentados.<sup>80</sup>

*Lo social:* La necesidad de explicar, apoyar y regular los productos generados por la Biotecnología, ha sido motivo de la creación de una gran cantidad de organizaciones: unas de ellas para apoyar el trabajo científico, otras para regularlo y otras más para plantear sus opiniones adversas a la aplicación de los productos biotecnológicos.

Por ejemplo, dentro de las organizaciones en apoyo al desarrollo de la investigación en el campo de la Biotecnología se encuentran la Biotechnology Industry Organization, fundada en 1993 y en México la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería (fundada en 1982), la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la diversidad (CONABIO) fundado en 1992, así como el

---

<sup>78</sup> Dentro de este laboratorio han trabajado varios premios Nobel, dentro de los cuales se encuentran: Barbara McClintock, quien descubrió los transposones en este lugar, por lo que fué premiada con el Nobel de Medicina o Fisiología en 1983; Alfred Hershey y Martha Chase, quienes confirmaron el papel del ácido desoxirribonucleico como material genético; Max Delbrück y Salvador Luria, investigadores sobre bacteriófagos y Biología Molecular, Richard J. Roberts codescubridor del funcionamiento del ARN y merecedor del Nobel.

<sup>79</sup> La *patente* es una concesión otorgada por los poderes públicos a un inventor, por virtud de la cual éste adquiere, durante un tiempo limitado (entre 17 y 20 años), el derecho de excluir a otros de la explotación (hacer, usar o vender) de aquello que se proclama como su invención. A cambio de ese derecho, el titular de la patente está obligado a revelar todos los detalles de su invento (descripción escrita, esquemas, depósito de material) de forma que, cualquier experto en la materia, sea capaz de obtener, con esa información, los mismos resultados. Además, se suele imponer la carga legal de explotar personalmente su invención, siempre de acuerdo con la legislación correspondiente: laboral, comercial, ambiental, sanitaria, etc. (Talavera, 2004: 4).

<sup>80</sup> Nota sobre el monopolio de la ingeniería genética:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2010/05/25/ciencia/1274780231.html>.

CONACYT. Dentro de los organismos que tratan de regular el uso de las aplicaciones de la Biotecnología como la Food and Drug Administration (FDA) estadounidense, y en México la Comisión Intersecretarial de Biodiversidad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM).

Dentro de los acuerdos internacionales que tratan de garantizar la manipulación, el transporte y la utilización segura de los organismos generados por la Biotecnología se encuentra: *El Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica de 1992 y el Protocolo de Nagoya-Kuala Lumpur firmado en 2010, por mencionar algunos. De igual manera, se han generado una serie de asociaciones civiles y ecologistas que rechazan abiertamente la aplicación de técnicas biotecnológicas en los organismos vegetales y animales.*<sup>81</sup>

Como se vio a lo largo de este capítulo la evolución y visibilidad de la Biotecnología ha estado estrechamente ligada con la interrelación de varias disciplinas, el uso de herramientas de punta, la validación de pares y, sobre todo, el apoyo de los actores externos, para la aplicación práctica y a gran escala, de los conocimientos generados para resolver problemas urgentes de orden social.

Estas características, a primera vista favorables para el desarrollo de un campo en construcción forman también parte de su fragilidad. Pues aquellos paradigmas, metodologías de análisis, objeto de estudio, herramientas de trabajo, que diez años antes eran considerados como válidos, son remplazados, en períodos cada vez más cortos, por otros cuya inversión y maneras asociativas (dentro y fuera de la disciplina) representan un reto constante; tanto para que los investigadores sobrevivan, como que sus hallazgos permanezcan vigentes (en términos de Bourdieu, 2000) en el campo de la Biotecnología.

La estratificación de los paradigmas, retomando a Weber (1984), en el caso de la Biotecnología se puede asociar, pues, con los conocimientos acumulados en el campo científico, pero también con la valoración social, política y económica que se le da a los saberes, por los actores externos a la ciencia en momentos coyunturales.

---

<sup>81</sup> Para informacional respecto:

[http://www.ecologistasenaccion.es/rubrique277.html?var\\_hasard=121120452851e4bd7a9e925](http://www.ecologistasenaccion.es/rubrique277.html?var_hasard=121120452851e4bd7a9e925).

Ahora bien, ¿Cuál ha sido el panorama del desarrollo de la Biotecnología en México? ¿De qué manera han influido los polos de formación en la visibilidad de los investigadores mexicanos? ¿De qué manera las redes de colaboración han favorecido en la construcción y legitimación de este campo en México?

## **CAPITULO V.**

### **LA BIOTECNOLOGIA EN MEXICO: CUATRO COLECTIVOS DE INVESTIGACION CONSOLIDADOS**

#### ***5.1 Los orígenes de la Biotecnología en México***

Al igual que en el resto del mundo, la historia de la Biotecnología en México tiene dos orígenes: la historia tradicional-artesanal y la historia de la Biotecnología moderna o institucionalizada. En el caso de los orígenes de la Biotecnología tradicional-artesanal en México, los trabajos de Ulloa y Herrera (1976) mostraron que las técnicas de la Biotecnología, en su forma tradicional se utilizaban de manera cotidiana en la producción de alimentos, como el queso y en la producción de bebidas fermentadas tradicionales como el pozol, el tesgüino, el pulque y el tepache.

Cabe mencionar que la técnica de la fermentación tuvo grandes aplicaciones en la época del Porfiriato, cuando se utilizó a gran escala en la industria cervecera, lo cual contribuyó a crear un importante polo de desarrollo industrial en el norte de México.<sup>82</sup>

En cuanto a la institucionalización de este campo en México, su historia se remonta a la relación que existió entre México y España, desde la época de la colonia. En efecto, con los barcos de España, no solamente llegaron los colonizadores a la Nueva España, también llegaron las ideas y las perspectivas disciplinarias europeas, todas ellas asociadas con las necesidades que presentaba un país en construcción como era el caso de México en ese entonces.

Por ejemplo, en el caso del desarrollo de la Física, las Matemáticas, la Astronomía y la Geografía (Domínguez-Martínez, 2013; Zubieta-García, 2013, Azuela, 2013) la construcción de cartografías y la edificación de la

---

<sup>82</sup> De acuerdo con Vizcaya (1971) en este período y en esta región también se crearon una serie de fábricas que comenzaron a producir bienes como cerveza, cigarros, jabón y bienes intermedios, como acero, cemento y petróleo. En 1890 se inauguró la Cervecería Cuauhtémoc en el norte del país, en Nuevo León, dio origen a empresas de gran impacto industrial como la: Vidriera Monterrey, Hylsa, Fábricas Monterrey, Empaques de Cartón Titán, Grafo Regia y Malta. . <http://www.cuamoc.com/es/esencia-cuauhtemoc-moctezuma/esencia-cuauhtemoc-moctezuma>.

infraestructura para la explotación de las minas fueron algunos de los elementos que apoyaron el afianzamiento de los investigadores de estas disciplinas en México. Investigadores que más adelante estarían posicionados favorablemente en la escala del SNI (Grediaga y Maldonado, 2010).

De igual manera, para hacer frente a los problemas de salud, las técnicas francesas fueron bien recibidas en México<sup>83</sup> por lo que la cátedra de Cirugía fue una de las primeras en ser instauradas en el claustro universitario de México, precisamente en 1617. Este hecho también contribuyó al desarrollo de la Farmacia, la Biología y la Química.<sup>84</sup>

De manera particular, la reproducción de los experimentos de Pasteur en la época de Porfirio Díaz por el doctor Eduardo Liceaga (Ledesma, 2013), fueron elementos fundamentales para la creación del Consejo Superior de Salubridad en 1841, el Laboratorio de Bacteriología del Consejo Superior de Salubridad (CSS) en 1884, antecesor de la Secretaría de Salud Pública (Gudiño-Cejudo et al, 2013),<sup>85</sup> y también para ubicar tendencias científicas, países- productores de conocimiento y figuras tutelares en México.

Los estudios históricos sobre las disciplinas que dieron origen a la Biotecnología, como la Medicina (Rodríguez-Sala, 2013), la Biología (Ledesma, 2013), la Farmacia (Aceves, 2013) y la Química (Kleche y Casas, 2008) mostraron que la visibilidad de unas disciplinas sobre otras se debió a las pugnas cotidianas entre los especialistas por la adjudicación de espacios para llevar a cabo su quehacer científico.

En todos los casos la presión de los científicos, los elementos contextuales y el apoyo de científicos en la toma de decisiones fueron elementos relevantes en la institucionalización de las áreas disciplinarias.

---

<sup>83</sup> La técnica de intervención quirúrgica francesa fue reconocida como referente una vez que Charles François Félix de Tassy, en 1689, el cirujano del rey XIV le practicó una cirugía de manera satisfactoria. Desde entonces la influencia francesa en la creación de las escuelas de medicina españolas fue fundamental (Rodríguez- Sala, 2013: 46-48).

<sup>84</sup> Cabe mencionar que los trabajos de Lavoisier: *Traité élémentaire de chimique*, fueron traducidos al español en México un año antes de la versión madrileña (Aceves, 2013: 66).

<sup>85</sup> De acuerdo con Gudiño-Cejudo et al, (2013) México, a través de Eduardo Liceaga, empezó a tener presencia en la Asociación Americana de Salud Pública, creada en 1872, y en la Asociación Médica Americana, en 1891, cuyo segundo congreso se efectuó en la Ciudad de México, donde se buscó promover la imagen de un país civilizado. A principios del siglo XX, México organizó la II Conferencia Internacional de los Estados Americanos en 1902 y de la III Convención Sanitaria Internacional en 1907. Los temas predominantes fueron la sanidad en puertos y fronteras como una estrategia política entre los gobiernos. Como resultado de estos trabajos, entre 1903 y 1910 el CSS realizó acciones importantes para combatir la fiebre amarilla (1903), la malaria (1903), la tuberculosis (1907) y las enfermedades venéreas (1908).

Por ejemplo, como se mencionó anteriormente, la Medicina empezó a ser reconocida desde los albores de la fundación de la universidad, en 1578, como parte de los cursos fundamentales, después, en 1768, amplió su rango de acción cuando se autoriza la realización de intervenciones quirúrgicas por las instancias jurídicas.

También, en el caso particular de la Medicina, fue primordial la intervención del médico y diputado Valentín Gómez Farías en su visibilidad.<sup>86</sup> En 1933 la Escuela Nacional de Medicina tomó temporalmente el nombre de Facultad de Ciencias Médicas y ofreció las carreras de Odontología, Farmacia, Enfermería y Obstetricia. En 1951 se creó el Departamento de Estudios para Posgraduados en Medicina, el cual se construyó en los terrenos de la ahora Ciudad Universitaria. Más adelante, en 1960, la Escuela Nacional de Medicina se convirtió en la Facultad de Medicina, cuando se iniciaron los cursos a nivel posgrado (Rodríguez-Sala, 2011 y 2013).

De igual manera, la fundación de Asociaciones, Sociedades o la creación de Escuelas o Facultades por disciplina, fueron rasgos importantes en la consolidación de los grupos científicos y la adopción de maneras particulares de hacer ciencia.

Este no fue el caso de la Farmacia, de la Química o de la Biología, las cuales lograron subsistir como asociaciones de científicos,<sup>87</sup> y bajo el cobijo de la Escuela Nacional de Medicina hasta que cada una de ellas logró su independencia e identidad institucionalizada.

En el caso de la Escuela Nacional de las Industrias Químicas, fundada en 1916, pasó a ser considerada como Facultad hasta 1965, como una respuesta para hacer frente a los conflictos generados entre la industria y los académicos. A decir de Aceves (2013:84), en esta Facultad se impartían las carreras de Química y la carrera de QFB (Químico Fármaco Biólogo) para encontrar un

---

<sup>86</sup> En 1833, Valentín Gómez Farías, en su calidad de presidente de la República reformó la educación superior en México, decretó el cierre de la universidad y fue sustituida por seis establecimientos de educación superior, dentro de los cuales se cuentan: la Escuela Nacional de Medicina, la Escuela Nacional de Ingeniería, la Escuela Nacional de Comercio y Administración, la Escuela Nacional de Arquitectura, la Escuela Nacional de Jurisprudencia. A las cuales se agregó en 1834: la Escuela Nacional de Agricultura. La universidad fue abierta el 22 de septiembre 1910, bajo el carácter de laica, con el apoyo de Justo Sierra.

<sup>87</sup> Ejemplo de ello fueron la Sociedad de Química Mexicana, fundada en 1826, la Academia de Farmacia fundada en 1839 y la Sociedad Farmacéutica Mexicana creada en 1871 (Aceves, 2013).

punto medio entre los productos generados por las boticas y las firmas internacionales en el tema de los fármacos patentados.

En el caso de la Biología, los trabajos históricos sobre esta área se remiten a la institución, de corte francés, de la Escuela Nacional de Altos Estudios (ENAE), fundada en 1910 en la cual se impartían las materias relacionadas con la Biología, como Morfología y Taxonomía (Ledesma, 2013:111). Esta institución se transformó en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM en 1924.

Dentro de los primeros textos de los egresados de esta escuela se encuentran tesis escritas en francés, como fue el caso del biólogo Manuel Vergara Lope, con su texto: *La vie sur les hautes plateaus*, obra que fuera galardonada por el Instituto americano: Smithsonian,<sup>88</sup> en 1889; o el trabajo de Alfonso Herrera, precursor de las teorías darwinistas: *Recueil des lois de la Biologie Générale*, publicado en 1897 (Ledesma, 2013). Cabe mencionar que la adopción de las ideas evolucionistas le valió a Herrera la segregación de los científicos que dirigían la comunidad de Biología de ese entonces en la UNAM y que estaban en desacuerdo con estas teorías, por lo que, durante un tiempo, la visión de la Biología de la UNAM se estancó y no llegó a beneficiarse de los trabajos de esta línea de investigación.<sup>89</sup>

Este escenario cambió en 1936, cuando Lázaro Cárdenas fundó una nueva institución educativa donde, con un planta de profesores exiliados y los jóvenes investigadores formados en los Estados Unidos,<sup>90</sup> conformaron una nueva visión de la Biología dentro de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del IPN, y más adelante del CINVESTAV.

---

<sup>88</sup> El Instituto Smithsonian fue fundado en 1846 para el "aumento y difusión" del conocimiento con fondos legados del científico británico James Smithson. Este instituto, es un centro de educación e investigación que desde sus inicios apoyó los trabajos de los naturalistas. Actualmente es administrado por el gobierno de Estados Unidos, por donaciones, ventas de concesiones, licencias para actividades y revistas científicas.

<sup>89</sup> Con la expulsión de Alfonso Herrera de la comunidad de Biología, de tendencia darwiniana, las ideas que prevalecieron en la disciplina fueron las de Isaac Ochotorena, quien entendía el estudio de la Biología como parte de la Medicina (Cuevas y Ledesma, 2006:1008). Sin embargo, apuntan los autores las ideas evolucionistas de la Biología fueron retomadas más tarde en la UNAM, por la influencia de la comunidad internacional (Cuevas y Ledesma, 2006:1010).

<sup>90</sup> Uno de estos jóvenes, Enrique Beltrán Castillo, tiene un papel importante en el cambio paradigmático de la Biología en México, discípulo precisamente de Alfonso Herrera. Fue el primer biólogo en recibir el título de la ENAE en 1926. Estudia zoología en la Universidad de Columbia con una beca Guggenheim. Además de ser referente en el ámbito científico, Enrique Beltrán Castillo también ocupa puestos en la gestión pública, en la Subsecretaría Forestal y de la fauna de la Secretaría de Agricultura en los años sesenta (Guevara-Fefer, 2009).

Tanto en la Química, como en la Medicina, la Farmacia y la Biología la relación con el exterior era fundamental para el desarrollo y la visibilidad de estas disciplinas en México. En todos los casos, existieron momentos de tensión en la construcción y validación del quehacer científico. ¿Cuáles fueron los escenarios a los cuales se enfrentaron los investigadores de los centros de Biotecnología? ¿Cuáles fueron los eventos que favorecieron la construcción y legitimación del quehacer científico de los colectivos de este campo disciplinario? ¿En dónde se formaron, cuáles fueron las líneas de investigación y las redes de colaboración de los científicos que forman parte de los polos de referencia en este campo en México?

A fin de observar el peso de las trayectorias formativas, trayectorias profesionales y las redes en la construcción y validación del quehacer científico de los biotecnólogos en México, y siguiendo la lógica de periodización de este estudio para entender la evolución de los colectivos seleccionados, el procedimiento para analizar los cuatro colectivos de investigación seleccionados (CINVESTAV-I, COLPOS-M, IBT-UNAM y el DBT-UAMI) es el siguiente:

- a) Análisis de los elementos científicos, políticos, económicos y contextuales que contribuyeron en la creación de los colectivos de Investigación, para observar los actores interesados en la producción del conocimiento en este campo.
- b) Análisis del impacto de las trayectorias formativas de los pioneros de estos colectivos en la definición de sus líneas de investigación. El objetivo sería observar si los hallazgos generados o los paradigmas en los cuales se formaron los investigadores-fundadores continúan vigentes como cadenas de saber del grupo.
- c) Análisis de los productos científicos generados en los colectivos, para caracterizar el origen y adscripción de los investigadores con los cuales publican sus hallazgos, para observar si existe una relación entre los lugares de formación de los investigadores y las redes científicas.

Ahora bien, de acuerdo con el orden cronológico en el cual participaron los investigadores mexicanos en el desarrollo de la Biotecnología (referidos en la tabla 4.2), se pueden ubicar dos grandes momentos:



- a) El primero está relacionado con el desarrollo de la genética en la agricultura y el proyecto de la *Revolución Verde* impulsado por Estados Unidos entre 1940 y 1970.
- b) El segundo con la relación que guardan los colectivos de investigación con la utilización de nuevas técnicas de modificación de los organismos vivos, en particular con la manipulación del ADN; técnicas que abrieron nuevos campos para la aplicación de los conocimientos generados alrededor del año de 1973.

En el primer momento se encuentran los ingenieros agrónomos, egresados de la Escuela Nacional de Agronomía (actual UAChap) y que fueron parte de la fundación del COLPOS, instituciones que tienen una fuerte relación con la producción de granos con técnicas surgidas de la Biotecnología. En el segundo momento se pueden agrupar a las instituciones como el DBT-UAMI, el IBT-UNAM y el CINVESTAV-I; instituciones asociadas a la utilización de nuevas técnicas y aplicaciones, donde la manipulación de los organismos a nivel celular se vuelve un referente.

## **5.2 Las características de los colectivos seleccionados**

Antes de iniciar el análisis de cada uno de los colectivos seleccionados es pertinente caracterizarlos en función de su evolución en los distintos periodos en cuanto a su composición por género, edad, calificación dentro de SNI y nacionalidad de sus integrantes para entender las características sociodemográficas de la población en estudio.

¿Quiénes son los investigadores de los colectivos seleccionados? A nivel general el número de investigadores que aparece dentro de la base de SNI 2012 adscritos a los colectivos seleccionados es de 295. De éstos: 146 trabajan en el IBT-UNAM, 29 en el DBT-UAMI, 67 en el CINVESTAV-I y 53 están adscritos al COLPOS-M. Deteniéndonos a analizar las fechas de obtención del diploma de doctorado según la periodización establecida en esta tesis, se observa lo siguiente:

- a) Antes de la puesta en marcha del SNI (1984), la mayoría de los investigadores obtenían el diploma de doctorado dentro del rango de edad de 46 a 50 años. De éstos, los investigadores adscritos al IBT-UNAM y al

CINVESTAV fueron quienes presentaron un mayor porcentaje de titulación a edad temprana.

b) Después de la puesta en marcha del SNI y antes del PROMEP, es decir entre 1985 y 1996, los rangos de edad de obtención del grado entre los investigadores de estos colectivos se acorta. Esto significa que 9 de cada diez investigadores obtiene el grado de doctorado cinco años antes que sus predecesores.

c) En el tercer período, de 1997 a 2012, el cruce de datos muestra una disparidad en las fechas de obtención del doctorado para el CINVESTAV-I, IBT-UNAM y el COLPOS-M, donde el porcentaje mayor de títulos de doctorado son obtenidos entre 41 y 45 años. En el caso de estos dos últimos colectivos y del DBT-UAMI se observa un rango de titulación temprana, el 3.68% obtiene su diploma de doctorado entre los 31 y 40 años de edad, lo que puede reflejar la realización de trayectorias continuas de los investigadores más jóvenes.

Tabla 5.1. Caracterización de las trayectorias por período de obtención del doctorado y colectivo.

Colectivo	Antes de; surgimiento del SNI				Después SNI y antes PROMEP				Después PROMEP			
	31-40 años	41-45 años	46 - 50 años	No.	31-45 años	41-45 años	+ 50 años	No.	31-40 años	41-45 años	46 - 50 años	No .
IBT-UNAM	45.5%	54.5%	0.0%	11	2.2%	95.6%	2.2%	45	17.7%	77.2%	5.1%	79
DBT-UAMI	33.3%	66.7%	0.0%	3	9.1%	90.9%	0.0%	11	43.8%	37.5%	18.8%	16
CINVESTAV -I	11.1 %	77.8%	11.1%	9	6.7%	93.3%	0.0%	15	14.6%	85.4%	0.0%	41
COLPOS-M	16.7%	83.3%	0.0%	6	11.8%	88.2%	5.9%	17	33.3%	53.5%	13.4%	30

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CVU's de los investigadores adscritos a los colectivos seleccionados.

\* Se desconoce el dato de 19 investigadores, esto es 6% de la información

En cuanto a las características de los colectivos por género y fecha de obtención del doctorado se observa que en los primeros dos período, antes y después de la creación de SNI, en el campo de la Biotecnología sobresale el porcentaje de hombres en este campo. Y que la presencia de las científicas empieza a tomar un peso relevante a partir de 1997. En este período el colectivo donde trabajan el mayor porcentaje de mujeres es el DBT UAMI y en

el extremo contrario el COLPOS-M, donde sólo 2 de cada 10 investigadores son mujeres.

Tabla 5.2. Caracterización de los colectivos por género y período de obtención del doctorado

Colectivos	Antes del surgimiento SNI			A partir del SNI y antes del PROMEP			Después de PROMEP		
	F	M	Total	F	M	Total	F	M	Total
IBT-UNAM	27.3%	81.6%	11	37.8%	62.2%	45	49.4%	50.6%	79
DBT-UAMI	33.0%	66.0%	3	36.4%	63.6%	11	75.0%	25.0%	16
CINVESTAV-I	0.0%	100.0%	9	33.3%	66.7%	15	41.5%	58.5%	41
COLPOS-M	16.7%	83.3%	6	41.2%	58.8%	17	23.3%	76.7%	30
Total	21.4%	78.6%	29	37.5%	62.5%	88	45.2%	54.8%	166*

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CVU's de los investigadores adscritos a los colectivos seleccionados.

Se desconoce el dato de 19 investigadores, esto es 6.3% de la población

En cuanto a la composición de los colectivos seleccionados en función de la nacionalidad de sus integrantes, encontramos que los datos del SNI 2012 hablan de colectivos donde la mayoría de los investigadores son mexicanos. De estos colectivos el CINVESTAV-I cuenta con una planta de investigación más internacionalizada dentro de este grupo.

Tabla 5.3. Caracterización de los colectivos por lugar de nacimiento de los investigadores.

Colectivos	Mexicanos	Extranjeros	Total
IBT UNAM	86.8%	13.20%	146
DBT UAMI	96.10%	4.00%	28
COLPOS-M	94.30%	5.70%	53
CINVESTAV-I	77.60%	22.30%	67

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CVU's de los investigadores adscritos a los colectivos seleccionados.

Ahora bien, al revisar la calificación de los investigadores por período de obtención del doctorado vemos que los colectivos donde se encuentran los investigadores con mayor calificación en el SNI, nivel 2 y 3, en el primer período son el IBT-UNAM, el CINVESTAV-I y el IBT-UAMI, grupo que representa a los pioneros de los colectivos seleccionados. En el segundo

período, correspondiente a los herederos, el IBT-UNAM y el CINVESTAV-I se encuentran a la cabeza de los investigadores consolidados en el SNI.

Por último, en el DBT-UAMI, los investigadores que obtuvieron su diploma de doctorado en el tercer período son los mejor posicionados en el conjunto, como se verá más adelante, este comportamiento responde al hecho de que varios de los investigadores de este colectivo fueron contratados por la institución con el título de maestría y, mientras unos partían al extranjero a terminar sus estudios de doctorado, otros permanecían en la trinchera, al frente de los proyectos de investigación y los alumnos, y posteriormente concluían sus estudios de doctorado.

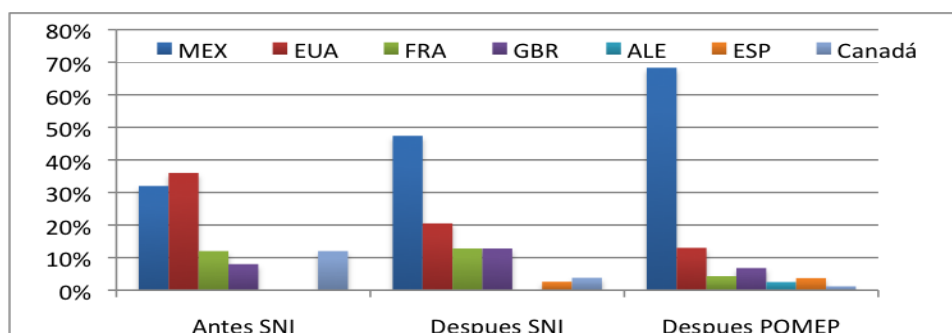
Tabla 5.4. Investigadores con nivel 2 y 3 en el SNI, por período y colectivo seleccionado

	Antes SNI		Después SNI		Después PROMEP	
Colectivos	SNI 2 y 3	Total	SNI 2 y 3	Total	SNI 2 y 3	Total
IBTUNAM	100%	11	80%	45	22%	79
DBT-UAMI	66%	3	72%	11	18.%	16
CINVESTAV- I	88%	9	86%	15	19%	41
COLPOS-M	50%	6	47%	17	0%	30

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CVU's de los investigadores adscritos a los colectivos seleccionados.

A nivel general se muestra a continuación la gráfica de los principales polos de formación de los investigadores de los colectivos seleccionados. En ella se puede observar cómo, a nivel global de los investigadores relacionados con la Biotecnología entre los miembros del SNI en 2012 (Tabla 3.4), el primer destino de formación es México, seguido de Estados Unidos, Francia e Inglaterra.

Gráfica 5. 1. Polos de formación del conjunto de los investigadores de los colectivos seleccionados



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CVU's de los investigadores adscritos a los colectivos seleccionados.

### **5.2.1 El Colegio de Posgraduados y el desarrollo del Agro**

De acuerdo con Barahona et al. (2003) y Tortolero (1995) las presiones económicas y las demandas alimenticias en la primera mitad del siglo XIX fueron parte de los factores que influyeron en la creación de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA) para atender el tema del agro en 1834.

En la línea del tiempo de la ENA acontecieron una serie de eventos contextuales que contribuyeron a delinear los rasgos característicos de esta institución. Primero, como proyecto del Estado-Nación, luego de la guerra de Independencia, la fundación de la ENA fue la cristalización de las ideas de Gómez Farías y Lucas Almazán que veían en el desarrollo de la agricultura un medio para impulsar el desarrollo del país luego de la guerra de independencia. En ese entonces, la ENA, como una de las instituciones de enseñanza especializada estuvo a cargo del Ministerio de Fomento.<sup>91</sup>

Nacida de necesidades sustantivas y nutrida por alumnos de zonas marginales la ENA tomó una identidad particular vinculada con la responsabilidad social de la aplicación de los conocimientos para resolver problemas productivos, económicos o sociales de las comunidades con las que estaban vinculados.<sup>92</sup>

Bajo un sistema de internado cuasi militarizado,<sup>93</sup> los estudiantes de la ENA, becarios de zonas rurales, podían cursar, en una primera instancia, estudios a nivel de secundaria, preparatoria y de especialista agropecuario,<sup>94</sup> y a partir de 1959, con la creación del COLPOS, tuvieron la oportunidad de realizar estudios de posgrado (Calderón, 2005).

Al principio, en 1834, la inestabilidad política y financiera del país impidieron dar un buen funcionamiento de la escuela. Esto se reflejó en la escasez de alumnos, la asignación de un presupuesto de forma irregular, los cambios de

---

<sup>91</sup> Antes de la creación de la SEP, las escuelas especiales dependían de los Ministerios según su especialidad. Así por ejemplo, el Colegio de Minería, las escuelas de minas, comercio y agricultura, dependía del Ministerio de Fomento y la Academia de San Carlos, dependía del Ministerio de Relaciones (Tortolero, A. 1995).

<sup>92</sup> De acuerdo con Tortolero (1995) en los primeros 53 años de funcionamiento de la ENA, esto es de 1854 a 1907, el número de egresados era muy reducido, se graduaron 175 profesionistas. Entre ellos: 47 Peritos agrícolas, 37 Mayordomos de fincas rústicas, 8 agricultores, 3 técnicos prácticos y 1 agrónomo debido al desprestigio social que tenía la carrera de agronomía en ese entonces, frente a la carrera de ingeniero, la militar o la formación eclesiástica incluso.

<sup>93</sup> En 1969, bajo un ambiente democrático, se inicia la desaparición la disciplina militar. Datos tomados de <http://www.chapingo.mx/rectoria/?modulo=historia>.

<sup>94</sup> A partir de 1941, la política de admisión para la ENA era el certificado de secundaria para cursar la Preparatoria Agrícola.

planes de estudios así como la interrupción de labores y proyectos por las constantes luchas internas (la Guerra de los Tres años 1857-1860, el Imperio de Maximiliano 1863-1867, la Revolución Mexicana 1910-1917). Posteriormente los procesos de estabilización política, a partir de período cardenista, llevaron a que, dentro de esta escuela, la investigación agrícola convivieran el enfoque productivista y el enfoque social de la agricultura.

Durante los años del gobierno de Lázaro Cárdenas (1934-1940), un gobierno de corte nacionalista, el modelo de la tenencia de la tierra pasa de cooperativas de campesinos al modelo ejidal. En ese momento es cuando los primeros agrónomos pusieron en marcha la filosofía cardenista (Barahona, 2003: 79), para solucionar los problemas económicos y alimenticios vigentes en ese entonces. A este grupo de agrónomos-campesinos pertenece el ingeniero Edmundo Taboada, reconocido por los fundadores del COLPOS como una de las figuras tutelares de la agronomía en México.<sup>95</sup>

Taboada egresa de la ENA en 1929 con la especialidad de ingeniero en irrigación. Como todos los profesionistas de esa época el acceso a puestos de gestión en época temprana le abrió las puertas de la Secretaría de Agricultura, precisamente en el departamento de química y suelos. Con esta plataforma viajó a Estados Unidos para estudiar genética vegetal en la Universidad de Cornell, en Nueva York (1932-1933). Sus redes de trabajo estuvieron ancladas con la Universidad de Washington, D.C., la Universidad de Minnesota y con la Universidad de Ottawa, Canadá en proyectos de investigación sobre el mejoramiento de los granos a través de la teoría cromosómica de la herencia.<sup>96</sup> A su regreso a México, pone en marcha sus conocimientos en el campo experimental del Yaqui en Sonora, el más fértil de México, y en 1936 se integra a la ENA.

---

<sup>95</sup> Otra figura tutelar de la ENA es: Efraím Hernández Xolocotzi. Este investigador nació el 23 de enero de 1913 en el municipio de Amaxac de Guerrero, se formó en Estados Unidos, realizó otros estudios en la Universidad de Harvard (1947-48). De 1949 a 1957 fue becario de la Fundación Rockefeller para estudiar las gamíneas. Trabajó en la ENA y participó en la recolección de semillas para el Banco de Germoplasma (11 mil ejemplares) y el Banco de Maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (12 mil 500 ejemplares). también fundó el Herbario de plantas medicinales de la ENA.

<sup>96</sup> Basados en los trabajos de Mendel, los científicos se dieron cuenta de que los patrones hereditarios se localizaban en los cromosomas y que es a través del estudio de los cromosomas y su comportamiento durante el ciclo celular que se puede llegar al mejoramiento de las semillas dentro del laboratorio. También se dieron cuenta de que este procedimiento lo llevan a cabo, de manera empírica, los agricultores mediante la polinización abierta.

Más adelante, en 1946, se creó el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) dentro de la Secretaría de Agricultura, para poner centros experimentales en diversas regiones del país. Con Taboada al frente del IIA, se llegó a recolectar diversos tipos de maíces nativos y a crear, a través de la cruce de variantes nativas, una semilla mejorada, con capacidad productiva superior a los maíces híbridos genéticamente y, también capaz de conservar un alto rendimiento en las cosechas. A este tipo de maíz se le conoce como maíz estabilizador. De acuerdo con Barahona (2003:98), Taboada afirmaba en 1952 lo siguiente:

*Hay varios tipos de semillas de maíz de alto rendimiento, los rendimientos mayores se obtienen con los maíces llamados híbridos, pero su excepcional productividad solo dura para la primera siembra. En las siembras subsiguientes, la productividad baja tan señaladamente que a veces los rendimientos son inferiores a lo que puede obtenerse con semillas ordinarias, obligando así al agricultor a adquirir semilla nueva cada año (...) las variedades mejoradas de polinización abierta son otro tipo de maíz de alto rendimiento (...) Debido a sus características, las variedades de polinización abierta resultan mejores para nuestros campesinos más pobres y pueden llegar a ser casi tan productivos como los híbridos.<sup>97</sup>*

Esta posición sobre el manejo de la agricultura entró en conflicto una vez que los trabajos de Norman Borlaug, realizados entre 1940 y 1970, sobre la manipulación genética de las semillas, mostraron una mayor resistencia a las plagas, un aumento en la producción del grano y una disminución en los tiempos de producción. A estos trabajos se les conoce como la *Revolución Verde* que influyó en el cambio de las políticas económicas en el tema del agro. Recordemos que la política oficial instaurada por Cárdenas en la década de los años 30's estaba orientada al desarrollo económico y social del campo mexicano. Esta posición cambió con su sucesor, el presidente Manuel Ávila Camacho quien favoreció el desarrollo de la propiedad privada del campo, con el establecimiento de nuevas regiones rurales privadas de gran extensión, principalmente en el norte del país.

En este escenario las innovaciones tecnológicas, la introducción de nuevas prácticas de insumos y reproducción de la semilla a gran escala -en lapsos de tiempos menores al de la polinización abierta y al de la manipulación de los cromosomas- y a las alianzas entre los Estados-Nación para la formación de

---

<sup>97</sup> Cabe mencionar que esta discusión forma parte de los debates – político, económico y científico- entre la utilización de los productos modificados genéticamente (transgénicos) y las razas nativas sigue vigente (Turrent, et al, 2012).

cuadros, contribuyeron a la visibilidad y reproducción de un nuevo paradigma para atender el tema del agro, precisamente el de la manipulación genética de las semillas.

En efecto, el proyecto de la fundación Rockefeller resultó satisfactorio para las autoridades por lo que se invitó a la fundación para implementar el programa en 1943 con el nombre de *Programa Agrícola Mexicano* para apoyar el desarrollo del agro bajo esta línea de investigación. De ahí surgió la OEE, Oficina de Estudios Especiales que se ubicó en las instalaciones de la ENA, a la cual se integra Borlaug en 1944, como investigador en jefe, para llevar a cabo sus investigaciones. En este escenario, y con posturas encontradas, se crea el COLPOS en 1959.

En efecto, como mencioné en el capítulo anterior, este tipo de relaciones contribuyó a que Estados Unidos se ubicara como principal polo de formación de los científicos agrónomos mexicanos miembros del SNI en 2012, con un porcentaje de 43%, seguido de México, (23%), Inglaterra (7%), España (8%) y Francia (4%) (Ver Gráfica 4.1).

A partir de ese momento, en la reproducción de los paradigmas científicos sobre el tema del agro en la ENA y el COLPOS se mantuvieron dos enfoques, atravesados por cuestiones políticas, ideológicas y comerciales. El primer paradigma en competencia era el de la OEE y la fundación Rockefeller y, el segundo, el del grupo de Edmundo Taboada. Para el primero la mayor parte de los recursos se dedicaron a la producción de semilla de alto rendimiento que sólo podían adquirir los agricultores con mejores recursos, mientras que el segundo grupo de trabajo se dedicó a la obtención de semillas para las zonas de pequeños cultivos (Barahona, 2003).

En términos de mercado esto significa que la investigación y la aplicación de los científicos que trabajan con la semilla genéticamente mejorada atienden al 12 % de los productores rurales del maíz (básicamente ubicados en el norte del país) los cuales producen entre el 60 y el 70% de la producción de maíz que se consume en México. Mientras que los investigadores que dedican sus trabajos para proponer nuevas variedades de semilla atienden al 88% de los productores de semilla restante. Estos últimos, con estructuras desventajosas tienen un sistema de riego de temporal y condiciones geográficas



accidentadas, por lo que la producción de grano resuelve escasamente las necesidades de autoconsumo de los pequeños y medianos productores.

Un ejemplo para mostrar la manera en cómo se va definiendo la lucha de fuerza entre estas dos posturas a nivel organizacional, se puede observar en la distribución de los espacios para llevar a cabo la experimentación de cada uno de estos dos paradigmas. En tanto que, en 1948, el 80% de las tierras de cultivo que tenían asignadas los investigadores de la ENA para llevar a cabo la experimentación de campo estaba destinada a la producción de variedad de semilla por medio de la polinización abierta; a partir de 1956 cuando se crea el COLPOS, el 96% (Barahona, 2003:105) de los campos experimentales fue dedicado a la producción de los variedades de semillas híbridas genéricamente modificadas *beneficiaba así la producción de maíz comercial y a la agricultura de riego tecnificado* (Barahona, 2003:106). A decir de un investigador del COLPOS-M al respecto:

*Para nosotros nuestro laboratorio es el campo. Antes teníamos tres terrenos para la experimentación de nuestro trabajo, y hace poco, el corporativo del COLPOS nos quitó dos terrenos de experimentación y no podemos trabajar así. Esos terrenos los están utilizando para otros fines, y hay académicos que están de acuerdo con estos fines. El problema es que esos terrenos no tienen nada que ver con la investigación sino más bien con el uso comercial. Allí están evaluando productos que puedan ser comercializados en el momento y entonces esa parte sí nos limita porque no quitaron un área de investigación, un campo de investigación, nos quitaron un laboratorio. (INV.M.MEX. COLPOS.C.2.USA).*

Otro elemento importante en la lucha de la legitimación de los paradigmas en competencia es la construcción de alianzas e instrumentos de reproducción dentro y fuera de la disciplina, para hacer referencia a los trabajos de Weber, 1984, Bourdieu, 2000. Por ejemplo, los investigadores relacionados con la manipulación genética y apoyada por la fundación Rockefeller utilizaron foros y crearon asociaciones de científicos para difundir sus hallazgos dentro y fuera de la comunidad científica.

En efecto, el éxito de la OEE resultó notable durante la década de los 50's al convocar la primer asamblea latinoamericana de fitotecnia y fitogenética en la Ciudad de México, en 1950. También fue importante su labor en la creación de otros programas de investigación como la construcción del CIMMYT en México y su replicación en otros países, con el apoyo de fundaciones internacionales y el BM.

A nivel de la evolución de los espacios organizacionales, en 1974, como parte de la reestructuración del SES, propuesta por el presidente Luis Echeverría, la ENA adquiere la categoría de universidad y se transforma en la UACHap. Por votación universal (alumnos y profesores) se nombra al Dr. Fidel Márquez<sup>98</sup> como director. El carácter de compromiso de esta institución con la sociedad se observa cuando, en este proceso de cambio, la universidad adoptaría el lema "*Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre*", mismo que se encuentra plasmado en el Acta que dio origen a la UACHap.<sup>99</sup>

Ya como institución dedicada 100% a la investigación y a la formación de cuadros el COLPOS entra a ser parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Desde la fecha de su creación, en 1959, el COLPOS ha tenido varias reestructuraciones a varios niveles, entre las más significativa se encuentran: 1) A nivel organizacional: para delimitar los espacios de intervención del Sindicato. 2) A nivel del objeto de estudio: en la determinación de las líneas de investigación: actualmente el COLPOS cuenta con 16 Líneas de Investigación Prioritarias (LPI).<sup>100</sup> 3) A nivel de los mecanismos para elevar el nivel académico de la

---

<sup>98</sup> La transición la ENA a la UACHap no fue pacífica, la intervención del ejército aceleró los cambios. A decir de uno de los entrevistados: *La universidad fue creada por ley el 30 de diciembre de 1977 pero para que se creara como universidad y se quitara lo de ENA fue necesario un fuerte proceso de lucha, de confrontación entre grupos internos, y uno de los desenlaces tristes es la entrada del ejército en julio de 1976 a la universidad por los conflictos internos. Entró el ejército y lo que hizo luego fue entregar la escuela a uno de los grupos y entonces, el grupo de estudiantes y profesores contrario, fueron expulsados de la universidad. Eran cerca de 200 estudiantes y profesores* (INV.M. COLPOS.E.2. MEX).

<sup>99</sup> Desde su creación, la UACHap ha experimentado un proceso de expansión en cuanto a las diferentes orientaciones de la agronomía, tanto a nivel licenciatura como en posgrado. Es así como se han creado las carreras de: Agroecológica, Mecánica Agrícola, Estadística, Forestal Industrial, Forestal, Restauración Forestal, Administración de Empresas Agropecuarias, Comercio Internacional de Productos Agropecuarios, Economía Agrícola, Planeación y Manejo de los Recursos Naturales Renovables, Agrónomo Especialista en Zonas Tropicales, sistemas Pecuarios y sistemas Agrícolas de Zonas Áridas. También se han creado las maestrías en Ciencias en Economía del Desarrollo Rural, Sociología Rural, Producción Animal, Protección Vegetal, Ciencias Forestales, Desarrollo Rural Regional, Horticultura y los doctorados en Ciencias en Economía Agrícola, y en Ciencias Agrarias. Datos tomados de <http://www.chapingo.mx/rectoria/?modulo=historia>.

<sup>100</sup> Las Líneas Prioritarias de Investigación (LPI) del COLPOS son: 1) Manejo sustentable de recursos naturales. 2) Agro eco sistemas sustentables. 3) Energía alterna y bio materiales. 4) Arquitectura del paisaje y agro negocios. 5) Biotecnología microbiana, vegetal y animal. 6) Conservación y mejoramiento de recursos genéticos. 7) Inocuidad, calidad de alimentos y bioseguridad. 8) Impacto y mitigación del cambio climático. 9) Geomática aplicada al estudio y manejo de los recursos naturales y sistemas agropecuarios. 10) Desarrollo rural sustentable. 11) sistemas de producción agrícola, pecuaria, forestal, acuicultura y pesquera 12) Agregación de valor. 13) Ejido y comunidades agrarias. 14) Educación, desarrollo humano y gestión del

planta docente, con el Subprograma de Formación de Profesores Investigadores (SPFPI), 4) A nivel de los mecanismos para la distribución de los recursos para la investigación. 5) A nivel de la ampliación de la oferta educativa. La restructuración más reciente se llevó a cabo en 2012. De estos cambios, profundizaré en dos puntos que tienen que ver con la producción y reproducción del conocimiento: 1) la asignación de recursos y 2) el tema de la oferta educativa.

En cuanto a los recursos para llevar a cabo los trabajos de investigación que otorga el COLPOS a los investigadores puede provenir de dos fuentes: el monto anual destinado a todos los investigadores<sup>101</sup> y la adjudicación de financiamiento en función de la pertenencia a las LPI. De acuerdo con el informe Anual de Autoevaluación del COLPOS en 2012, el monto de recursos asignados para las LPI fue de \$18, 525,705.18 para el total de los proyectos, según lo cual el porcentaje mayor de investigadores beneficiados (39.59%), forma parte de la sede Montecillo.

Tabla 5.5 Investigadores participantes por campus y Línea Prioritaria de Investigación en COLPOS 2012

	Campus							Total
	Campeche	Córdoba	Montecillo	Puebla	S.L.P	Tabasco	Veracruz	
Num.	7	60	161	79	51	45	40	444
%	1.59%	13.64	39.59%	17.95%	11.59%	10.23%	9.09%	100%

Fuente: Informe de autoevaluación COLPOS 2012: 32.

Como resultado de la actividad de investigación de las LPI, en 2012 se generaron 159 productos, dentro de los cuales destacan 67 artículos científicos, 12 artículos de divulgación y 32 documentos (libros, capítulos de libros y manuales para el sector agrario).

En esta sede se concentran no solamente el mayor número de investigadores del COLPOS que forman parte del SNI, sino también la inversión en infraestructura para la investigación y la oferta educativa. Dentro de los ocho campus con los que cuenta el COLPOS -Campeche, Córdoba, Montecillos, Puebla, Mérida, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz- la unidad Montecillos concentra el mayor número de programas de posgrado y también la mayor

---

conocimiento. 15) Estadística, modelado y tecnología de información aplicadas a la agricultura y al medio rural y la línea de 16) Innovación tecnológica.

<sup>101</sup> Desde los años setenta, el COLPOS, asigna una cantidad de dinero a cada investigador para llevar a apoyar los trabajos de investigación. En 2012, esta cantidad correspondía a \$700 USA.

cantidad de investigadores vigentes en el SNI 2012, representando más de las dos quintas partes del total de investigadores de la institución (44.54%) en relación con las demás sedes.

Tabla 5.6. Número de investigadores de COLPOS registrados en el SNI 2012

Campus	Porcentaje	Número
Campeche	0.84%	1
Córdoba	9.24%	11
Puebla	15.13%	18
Montecillos	44.54%	53
Mérida	0%	0
San Luis Potosí	6.72%	8
Tabasco	12.61%	15
Veracruz	10.92%	13
Total	100%	119

Fuente: Elaboración en base a la información reportada en el SNI 2012.

Esta concentración de alumnos y maestros se relaciona con la cercanía que existe entre Montecillo y la UAChap (hasta el momento de la redacción de esta tesis, el campus Montecillo se encuentra dentro de las instalaciones de la UAChap), en cuanto a la captación de alumnos y geográficamente a la cercanía que existe con la Ciudad de México, lugar donde se concentran la instancia administrativa que dirige el COLPOS: la SAGARPA.

Tabla 5.7 Oferta educativa del COLPOS-M registrada en el PNPC 2012.

Campus	Posgrado	Nivel PNPC	
		Maestría en C	Doctorado
Montecillo	Botánica	Consolidado	
	Innovación Agroalimentaria	Consolidado	
	Edafología	Consolidado	Consolidado
	Fito sanidad	Consolidado	Consolidado
	Ciencias Forestales	Consolidado	Consolidado
	Hidro ciencias	Consolidado	Consolidado
	Recursos Genéticos y productivitas	Competencia internacional	Consolidado
	Socioeconomía, estadística e informática	Consolidado	Consolidado
Todos los campos	Doctorado por Investigación		En desarrollo

Fuente: datos tomados de <http://www.COLPOS.mx/web11/index.php/educacion/oferta-educativa/bulet-doctorados-en-ciencias-y-maestrias-en-ciencias>.

A nivel de la oferta educativa, puedo mencionar la evolución del posgrado de Genética, el cual inició sus actividades en 1959, con nueve profesores, Actualmente, la plantilla académica está conformada por 239 profesores de los cuales 53 profesores investigadores se encuentran en la base de datos SNI 2012. Dentro de la oferta educativa a nivel posgrado que ofrece el COLPOS,

en su conjunto, es de 21 programas de posgrado en ciencias de los cuales el 71.43% (15 programas) están en la sede Montecillo:

Dentro de las actividades que realizan los investigadores adscritos al COLPOS-M se encuentran seis funciones, tres básicas: docencia, investigación, difusión; y tres complementarias: divulgación, vinculación con los productores y actividades de gestión, dentro y fuera del ámbito disciplinario (como consejero universitario, coordinador académico, coordinador del programa o académico político y el área de producción dentro de los campos agrícolas).

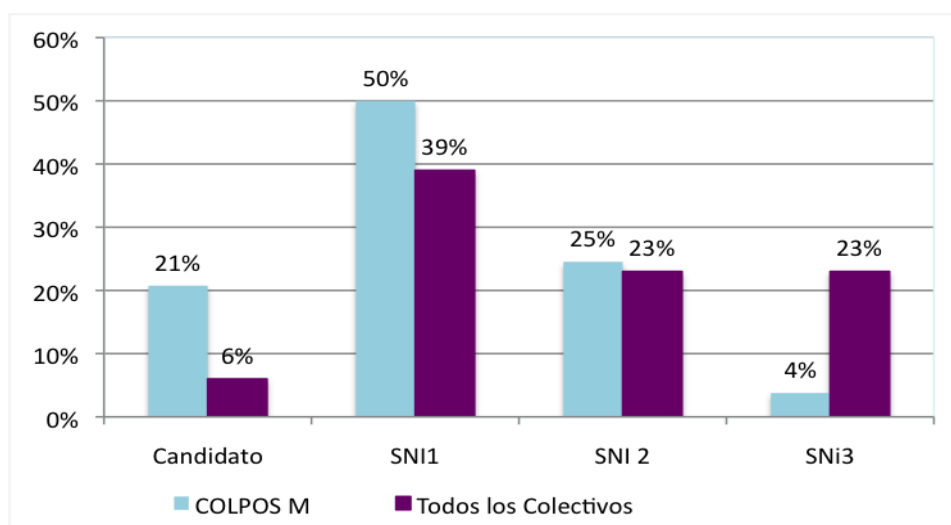
Las actividades de vinculación, para el COLPOS-M, constituyen un elemento fundamental, ya que retroalimentan los procesos educativos, de investigación, y ponen al servicio de la sociedad los conocimientos generados. La vinculación forma parte de la currícula y tiene un seguimiento riguroso; para tal fin en cada sede del COLPOS existen espacios denominados *Puntos de Vinculación*, en los cuales el público interesado puede asistir para plantear su problema, después de estudiar el problema y se proponen soluciones conjuntamente con sus habitantes (Informe de autoevaluación COLPOS 2012: 13).<sup>102</sup>

Cabe mencionar que además de la oferta educativa registrada en el PNPC por el COLPOS, también se encuentra el Doctorado en ciencias por investigación, que entró en funcionamiento en 2009, ofertado en todos los campus del COLPOS y 19 programas de maestría, iniciados en 2004, a nivel profesionalizante. A nivel comparativo con el total de los colectivos seleccionados, la clasificaron del SNI 2012 la posición de los investigadores del COLPOS-M es la siguiente:

---

<sup>102</sup> Dentro de los trabajos de vinculación con las sociedad, la labor realizada por los investigadores del COLPOS en Zonas de alta marginación sobresalen los trabajos realizados por el personal de las sedes ubicadas en el interior de la República con la impartición de cursos de capacitación a productores, formación de recursos humanos, atención a indígenas en el contexto de la utilización de los recursos naturales, mitigación de la pobreza, seguridad alimentaria. También es importante mencionar el trabajo con los residentes de los sistemas penitenciarios, particularmente el ubicado en Islas Marías, donde se articulan las actividades de educación, investigación, capacitación para el trabajo; actividades que buscan resolver problemas en beneficio de la sociedad (Informe de autoevaluación COLPOS 2012).

*Gráfica 5.2. Posición dentro del SNI 2012 de los investigadores del COLPOS-M en relación al conjunto de los colectivos seleccionas.*



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CV de los investigadores de los colectivos seccionados.

A nivel general se observa que los investigadores de este colectivo se encuentran posicionados mayoritariamente en el Nivel SNI 1 y en menor porcentaje en el Nivel 3 del SNI, por lo que será interesante observar a continuación los factores que pueden explicar dicho comportamiento del colectivo.

En cuanto a la composición del colectivo es importante agregar que el rango de edad promedio es de 50 años. La composición, a nivel general, por género de este colectivo es mayoritariamente masculina (77% sobre 23%). Esto es comprensible ya que el ingreso de las mujeres a esta institución inició en 1966,<sup>103</sup> trece años después de que a las mujeres se les permitiera votar en México en 1953 (Aboites, 2008:501). Sin embargo, a nivel de la matrícula a nivel posgrado, es importante resaltar que se ha incrementado la participación de la mujer en el COLPOS-M. De acuerdo con los datos presentados por el Informe de Autoevaluación del COLPOS (COLPOS, 2012:28), se sabe que, del total de alumnos matriculados en maestría y doctorado (1370), el 47.9% son mujeres: 220 de doctorado y 436 de maestría en ciencias.

De acuerdo con las trayectorias formativas de los investigadores que conforman el COLPOS-M en 2012, a nivel Licenciatura México es el referente del 94.34%, y los diplomas de origen extranjero representan el 5.66% (España,

<sup>103</sup> Dato tomado en agosto 2013 de la Historia de la ENA-Chapingo: <http://www.anech-chapingo.org.mx/ena.html>.

Perú y Rusia). Las instituciones donde los investigadores realizaron sus estudios en este nivel fueron UACHap con 54% y la UNAM (18%).

A nivel maestría el COLPOS-M es un polo de referencia, con 79.26% de diplomas emitidos, lo que lo ubica como polo referente a nivel maestría. Por el contrario a nivel doctorado, a nivel global, Estados Unidos se vuelve un referente de formación (35.85%), seguido de México (24.53%), España (11.32%), Francia e Inglaterra con 9.43%.

Al cruzar los datos de los 50 investigadores mexicanos registrados en el SNI 2012 que laboran en este colectivo, en función del lugar de formación del doctorado y la periodización de las políticas de gobierno (es decir, primer período: antes del 1984, segundo período de 1985 a 1996 y tercer período de 1997 a 2012); para observar si existe una relación entre el origen del diploma y las características de los espacios organizacionales donde trabajan se observó lo siguiente:

Tabla 5. 8 Posición de los investigadores del COLPOS-M dentro del SNI en función del lugar de obtención del diploma de doctorado por período.

	Antes del SNI (1984)			Después del SNI (1985-1996)		Después de PROMEP (1997-2012)	
País	SNI 2	SNI 3	Porcentaje	SNI 2	Porcentaje	SNI 2	Porcentaje
CAN				1	12.5%	2	7.7%
EUA	1	1	40%	3	37.5%	10	38.5%
FRA	1		20%	1	12.5%	2	3.8%
MEX	1	1	40%	1	12.5%	8	30.5%
ING				2	25.0%	2	7.7%
ESP					6.3%	2	7.7%
Total	3	2	6	8	8	26	26

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CV de los investigadores SNI 2012.

1. Los investigadores que se formaron en el primer período, seis, son los investigadores mejor posicionados, nivel 3 del SNI, estudiaron en Estados Unidos y México.
2. En cuanto a los investigadores que se formaron en el segundo período (1985-1996), 16 investigadores, sólo 8 se encuentran en el nivel 2 en el SNI, de éstos, los principales polos de formación para los investigadores consolidados son: Estados Unidos, Inglaterra, México . Sin embargo la mayor concentración a nivel cualitativa, nivel 2 está ocupada por aquellos que realizaron sus estudios de doctorado en Estados Unidos e Inglaterra. Lo cual significa que, en el caso del COLPOS-M, el lugar de formación de los pioneros y los herederos

si tiene un peso relevante el lugar de formación de estos investigadores en el colectivo y en el campo.

3. En el caso de los investigadores que se formaron en el tercer período (1997-2012) se observa que si bien México representa ya un polo de formación para las nuevas generaciones, el lugar que ocupan en la clasificación de investigadores consolidados del SNI es aún insipiente: sólo 8 de ellos se encuentra en el nivel 2 el SNI.

Esto último muestra que, si bien que en las posiciones más altas del SNI, se encuentra el porcentaje menor de investigadores de este colectivo; si se evidencia que en el caso del COLPOS-M, los procesos de formación en el extranjero poseen un papel importante en el posicionamiento de los investigadores en este ámbito. Sin embargo, comparativamente con el grupo el porcentaje de investigadores en niveles altos (SNI 3) aún no es alcanzado, ni por los investigadores de este mismo corte temporal, ni por las generaciones subsecuentes.

Ahora bien, el COLPOS tiene tres publicaciones una científica y una de divulgación. La revista *Agrociencias* se publica desde 1967 ininterrumpidamente. Desde el año 2000 se publica tanto en español como en inglés. En 2003 está incluida el Institute for Scientific Information. Desde 2005 ha aumentado el factor de impacto en el Journal of Citations Reports. La segunda revista científica institucional del COLPOS es Agricultura, Sociedad y Desarrollo, inicio en 2004 y los temas que trata están asociados con aspectos sociales de la agricultura. Desde sus inicios se publica en inglés y español. En 2009 se inició la publicación de la revista *Agro productividad*. A partir de 2012 esta revista es trimestral y está dirigida a los técnicos y productores del sector agrario para difundir, de una manera práctica, los avances de la ciencia. En total de las publicaciones del COLPOS-M de 2002-a 2012 ha sido de 1299 con un factor de impacto de 20.



Tabla 5. 9 Temas de los artículos COLPOS-M en SCOPUS 2006-2012.

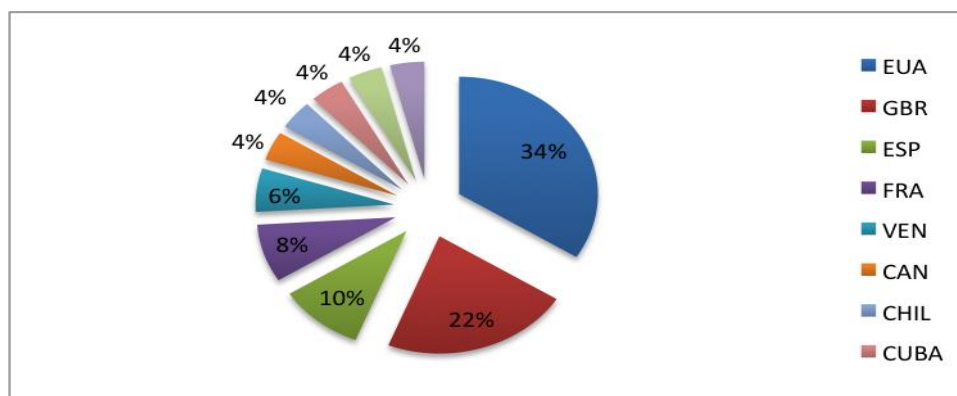
Temas	Número	Porcentaje
Medio Ambiente	83	44.39%
Ciencias Sociales	44	23.53%
Bioquímica, Genética y Biología Molecular	41	21.93%
Multidisciplinas	21	11.23%
Veterinaria	20	10.70%
Ingeniería	10	5.35%
Química	6	3.21%
Ciencias de la Tierra	6	3.21%
Ingeniería Química	5	2.67%
Ciencia de los materiales	3	1.60%
Ciencias de la Computación	2	1.07%
Inmunológica y Microbiología	1	0.53%
Medicina	1	0.53%
Farmacia	2	1.07%
Total	187	100%

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de las revistas indexadas en SCOPUS. Corte 2012.

Como se observa en la tabla anterior, a lo largo de 54 años el COLPOS-M se han diversificado los temas de investigación y ahora se incursiona en el uso de algunas de las nuevas herramientas de la Biología molecular, con el propósito de apoyar el proceso del mejoramiento genético.

De estos documentos el 45.67%, están escritos en Español y los autores con los cuales publican, pertenecen a diferentes países. Dentro de los cuales predominan investigadores de Estados Unidos, Inglaterra, España y Francia. Lo cual guarda alguna relación con los países de formación de los investigadores del COLPOS-M.

Gráfica 5.4 País de origen de los investigadores con los cuales publican los investigadores del COLPOS-M 2006-2012.



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de las revistas indexadas en SCOPUS. Corte 2012.

En el COLPOS-M, además se ha buscado la diversificación de los conocimientos generados con la inclusión de nuevas técnicas de investigación como: los cultivos en los cuales se enfoca el postgrado también han variado. Al inicio se hicieron estudios sobre maíz, frijol, trigo y sorgo. En la actualidad se tienen trabajos importantes en especies como chile, jitomate, cactáceas, higuierilla y amaranto, entre otros.

De ahí se puede explicar que las redes de colaboración de los investigadores del COLPOS-M, como un colectivo dependiente del gobierno, tengan una fuerte articulación con instituciones mexicanas relacionadas con el agro, ya que en esos espacios logran aplicar y dar visibilidad de su trabajo científico. Dentro de las Instituciones nacionales con las cuales publica el COLPOS-M, sobresalen las instituciones asociadas al desarrollo del agro como: el INIFAB, UNAM, UASLP, UAM y CIMMYT.

### ***5.2.2 El Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBT-UNAM)***

De la creación del COLPOS-M, en 1959, a la fundación de los centros de investigación de los años 70' s el mundo había cambiado. Este cambio se da no solamente en el plano científico, sino en la restructuración de las universidades (en las reglas y la composición de los espacios organizacionales), sino también en las condiciones contextuales, el papel de las políticas científicas y los agentes interesados en el desarrollo de la Biotecnología.

En este proceso fue significativo el papel de los científicos y directivos de las IES para el desarrollo de un área disciplinaria en construcción. En cada uno de los colectivos el apoyo de los científicos en la toma de decisiones dentro y fuera de la universidad, en los puestos políticos resulta fundamental para aprovechar las políticas de reconciliación que ofrecía el gobierno del presidente Luis Echeverría, en 1972, luego del movimiento estudiantil del 68. Una influencia de las políticas de gobierno es observable en la restructuración sufrida por el SES en los distintos períodos.

En el plano científico la creación de centros de investigación, con estructuras más flexibles, permitieron la introducción de nuevos tópicos, nuevas maneras

de organización y nuevas maneras de relacionarse con los colectivos en el exterior para llevar a cabo su quehacer científico. En el caso de la creación del IBT-UNAM, uno de los pioneros, manifestó lo siguiente:

*En ese entonces, México fue considerado como uno de los países para hacer un Centro de Naciones Unidas en Ingeniería Genética y Biotecnología. Lamentablemente por la devaluación del peso no se pudo implementar, pero finalmente el director consiguió una puerta importante en la Presidencia de la República para crear inicialmente el CGBI, que es el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología en el 82 y después se transformó éste en el IBT-UNAM. con el apoyo, con la visión en este contexto y con un grupo inicial de dos investigadores hicimos la propuesta a la UNAM para echar a andar este proyecto (Bolívar, Marzo 2012).*

En el caso de los tres colectivos que se crearon a partir de 1970, IBT-UNAM, DBT-UAMI y CINVESTAV-I, los primeros investigadores de Biotecnología provenían de las IES de mayor tradición: UNAM, IPN y el CINVESTAV. La Facultad de Química para unos, la Facultad de Biología, el Instituto de investigaciones Biomédicas, la Facultad de Medicina en otros casos, fueron las instancias que dieron a la luz a los primeros investigadores en Biotecnología. En todos los casos, tarde o temprano la relación con instituciones y colectivos de otros países fue indispensable para insertarse en el flujo de conocimiento y ser reconocidos como pares dentro del campo. Estas relaciones con instituciones extranjeras sirvieron no solamente para formar capital humano sino también para incorporarse al nacimiento del campo disciplinario, adquirir competencias en el manejo de nuevas metodologías y establecer relaciones de colaboración que han tenido un peso importante para su desarrollo académico.

A su regreso los investigadores formados en el extranjero, y su aporte al campo, les valió ser reconocidos como figuras claves en la toma de decisiones en el desarrollo de la CyT del país, constituirse como figuras tutelares, crear nuevos grupos de investigadores, y en consecuencia, sentar las bases para crear nuevos polos de formación y desarrollo en el campo de la Biotecnología. En el caso de IBT-UNAM, me refiero a Francisco Bolívar Zapata, a Gustavo Viniegra en la creación del DBT-UAMI y a Luis Herrera Estrella para el CINVESTAV-I.

Además de los investigadores mencionados, la figura de Rodolfo Quintero, constituye también un referente en el área de la Biotecnología en diversas IES como la UNAM, la UAMor (Universidad Autónoma de Morelos), la UANL y la

UAM resulta interesante para conocer cuál es el peso de las trayectorias formativas, los avances generados y las alianzas que se establecen (dentro y fuera del campo) para llevar a cabo el quehacer científico.

Rodolfo Quintero realizó estudios en la Facultad de Química de la UNAM. Al término de su carrera (en 1971) asiste, a una conferencia en el CINVESTAV sobre Biotecnología industrial con un profesor del MIT. A través de este contacto obtiene una beca y realiza estudios de maestría en Bioquímica en el MIT:

*En ese momento no se llamaba Biotecnología todavía, en aquel entonces se llamaba ingeniería bioquímica y no estaba en el departamento de ingeniería química. Estaba en el departamento de alimentos (Quintero, Enero 2012).*

Su asistencia al segundo congreso internacional de Bioquímica le permitió conocer una nueva manera de abordar su objeto de estudio: *“producir proteínas por medio de bacterias, de levaduras, de enzimas”* (Quintero, Enero 2012), que a partir de ese momento se convierte en el tema de su tesis de maestría en el MIT y la de doctorado en la universidad de Manchester, *“en aquel entonces era el instituto de ciencias y tecnología de la universidad de Manchester”*. Desde sus primeras publicaciones internacionales, tanto en el MIT, como en el doctorado, Quintero apareció como primer autor.

Con este camino recorrido en lugares reconocidos como polos de conocimiento en este campo, las publicaciones internacionales realizadas y el manejo de conocimientos e instrumentos de frontera, el Dr. Quintero es llamado en 1981 por entonces Rector de la UNAM, Dr. Guillermo Soberón, para presidir el primer departamento Biotecnología de la UNAM, localizado dentro las instalaciones del Instituto de Investigaciones Biomédicas.

Esta posición dentro de la UNAM le permitió a Quintero acceder a recursos para investigación de instituciones como Petróleos Mexicanos, CONACYT, la Siderúrgica Lázaro Cárdenas y el IMSS. Durante el período presidencial de López Portillo organizó el sistema Alimenticio Mexicano. Escribió los primeros libros en el país sobre Biotecnología: uno apoyado por la OEA y el otro por el CONACYT. Además de los puestos de gestión universitarios, dentro de la disciplina estuvo a cargo del programa de evaluación de proyectos de la UNAM, desde su origen fue nombrado investigador nacional y evaluador del SNI. Durante once años fue representante ante la OEA de la Biotecnología en

América Latina (desde 1980 a 1991) y colaboró, al igual que Francisco Bolívar, en la creación del IBT-UNAM.

La trayectoria de Francisco Bolívar Zapata, su objeto de estudio y el reconocimiento de los colectivos donde se formó como investigador jugaron también un papel importante en su carrera, en su participación en la toma de decisiones a nivel nacional y las posiciones que ocupó dentro de la UNAM. El Dr. Bolívar Zapata estudio la licenciatura (1971), la maestría (1973), y el doctorado (1975) en la Facultad de Química de la UNAM. Sus investigaciones sobre la Biotecnología Básica lo llevaron a trabajar, durante su estancia posdoctoral en el laboratorio de Stanley Cohen en la Universidad de Stanford, 1976,<sup>104</sup> y en el de Boyer en la Universidad de California, San Francisco. El trabajo con Cohen le permitió contribuir al desarrollo de la Biotecnología a nivel mundial en el diseño, construcción y caracterización de vehículos moleculares para la clonación y expresión del ADN. El peso de los trabajos de Bolívar Zapata,<sup>105</sup> condujeron a su nombramiento como primer director del Instituto de Biotecnología de la UNAM (IBT-UNAM) en 1982.

La alianza de Bolívar Zapata con investigadores (tanto nacionales como extranjeros) le sirvieron como plataforma para incidir a nivel internacional en el campo disciplinario (8,859 citas, de 102 trabajos publicados en revistas indexadas),<sup>106</sup> tener un alto índice e impacto a través de su producción y su acción dentro de la comunidad científica. Sus principales contribuciones han sido de dos tipos: a) la publicación de libros colectivos con investigadores de diferentes instituciones, y b) la defensa de la importancia de la investigación en Biotecnología, a través de la creación y participación de asociaciones

---

<sup>104</sup> Otra de las investigaciones importantes de Stanley Cohen, bioquímico estadounidense nacido en Brooklyn, en 1922, fueron las investigaciones con Rita Levi-Montalcini, sobre el factor de crecimiento celular. Ambos recibieron el Premio Nobel de Medicina en el año 1986 (<http://www.nobelprize.org/>) .

<sup>105</sup> Hasta 2012 Bolívar Zapata ha ocupado los siguientes puestos: Miembro del Colegio Nacional de Ciencia y Tecnología. Presidente de la Academia Mexicana de Ciencias; Integrante del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República. Miembro de la Junta Directiva de la UAM y de la Junta de Gobierno de la UNAM. Distinciones: Premio Príncipe de Asturias en Investigación Científica y Técnica; Premio Nacional de Ciencias y Artes; Premio Nacional de Química; Premio Investigación en Ciencias Naturales de la Academia Mexicana de Ciencias; Premio Manuel Noriega en Ciencia y Tecnología, OEA; Premio Universidad Nacional; Premio TWAS en Biología; Premio Luis Elizondo del ITESM. La Universidad de Lieja, Bélgica, y la UAM le otorgaron el doctorado Honoris Causa. Ha recibido distinciones y reconocimientos de las universidades de Coahuila, Nuevo León, Morelos y Benemérita de Puebla.

<sup>106</sup> La cifra acumulada en junio 2012 a partir de SCOPUS <http://www.info.sciverse.com/SCOPUS/SCOPUS-in-detail/facts>.

científicas, gubernamentales y civiles,<sup>107</sup> que lo convierte en un actor central en el desarrollo del campo en el país y un actor político en el medio. Lo cual lo lleva a la acumulación de capitales científicos y políticos (Bourdieu, 2001).

De acuerdo con los datos históricos de la fundación del IBT- UNAM, este centro era anteriormente el Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología (CIIGB). Este instituto fue creado en abril de 1982 y comenzó su funcionamiento, dentro de las instalaciones del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM (IIB-UNAM). Después, en 1985, dentro del marco de la descentralización de la educación superior se trasladó el IBT-UNAM a la Ciudad de Cuernavaca, dentro de la UAMor.

El CIIGB inició sus actividades con nueve investigadores. Para fines de 1990, tenía 38 investigadores integrando 14 grupos de trabajo; estos investigadores estaban apoyados por 35 técnicos académicos. El CIIGB se transformó en el IBT-UNAM, por acuerdo del Consejo Universitario, el día 14 de septiembre de 1991.

En 1994 el IBT llevó a cabo una reestructuración académica dando como resultado la conformación de 5 departamentos: Bioingeniería, Biología Molecular de Plantas, Genética y Fisiología Molecular, Microbiología Molecular y Reconocimiento Molecular y Bio estructura. Esto con el objeto de establecer áreas más específicas, mejor definidas y de frontera académica. Como oferta educativa a nivel posgrado los investigadores del IBT- UNAM, en colaboración con la Facultad de Química, el Instituto de Investigaciones Biomédicas, el Instituto de Fisiología Celular, todos ellos de la UNAM atienden la maestría y doctorado en Ciencias Bioquímicas con la denominación de Competencia Internacional.

---

<sup>107</sup> Francisco Bolívar Zapata, tiene más de 160 publicaciones si consideramos además de revistas, los libros, las cuales han sido citadas más de 11,600 veces en la literatura mundial, incluyendo 600 citas en más de 220 libros de texto y especializados. Ha escrito y editado libros de divulgación y opinión, incluyendo cinco tomos de su obra científica y de divulgación. Fue el promotor y encargado de la elaboración de la Iniciativa de Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica, la cual fue aprobada de manera unánime por el Congreso de la Unión en 1999, y de la Iniciativa para la creación de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados; director del Instituto de Biotecnología.

Tabla 5.10 Oferta educativa del IBT-UNAM 2012.

Programa	Nivel	
	PNPC	Internacional
Maestría en Ciencias Bioquímicas	Excelencia	Competencia Internacional
Doctorado en Ciencia Bioquímicas	Excelencia	Competencia Internacional

Fuente: Informe Anual de Actividades del IBT-UNAM, 2012.

El objetivo de estos programas es la formación de recursos humanos de alta calidad académica, capaces de apoyar y desarrollar proyectos acotados de investigación básica y/o aplicada, así como realizar labores de docencia y difusión científica.

De acuerdo con el análisis de las trayectorias formativas de los 146 investigadores que conforman la planta académica del IBT- UNAM, se encuentra una población constituida por 23% mujeres y 76% hombres, de los cuales el 86% son mexicanos y el 13% extranjeros. Igualmente se puede observar que el promedio de edad del total de los investigadores es de 50 años.

En el caso del IBT se puede hablar ya de un polo de formación a nivel nacional, pues del total de los investigadores que laboran en este instituto, el 66% realizó sus estancias de investigación o el doctorado en el IBT-UNAM.

En efecto, los trabajos de Bolívar Zapata con los investigadores de Estados Unidos, en 1978, fungieron como un imán, para los jóvenes investigadores, tanto mexicanos como extranjeros, que querían aprender las nuevas técnicas de manipulación genética de los organismos.

También el IBT-UNAM, fue una oportunidad para descentralizar la investigación de alto nivel y el establecimiento de alianzas entre gobiernos e instituciones. Tal fue el caso de los acuerdos establecidos entre la UAMor y la UNAM en la donación de espacios para la construcción del IBT-UNAM dentro de las instalaciones de la UAMor. Por su parte el CONACYT financió la construcción y la compra de los primeros equipos para llevar a cabo este proyecto.

En base al análisis de los lugares de formación de los investigadores que conforman el IBT-UNAM en 2012, a nivel Licenciatura, México es el referente del 84%, principalmente la UNAM (62.67 %), IES públicas con el 14%, las IES privadas con el 6.67% y los diplomas de origen extranjero representan el 12% (EUA, FRA, GBR, BRA, JAP, CHE y RUS).

En los estudios de maestría, el IBT-UNAM es un polo de referencia, con 69.33% de diplomas emitidos, el segundo lugar lo ocupa el CINVESTAV (4%) seguido de las IES extranjeras, quienes en su total representan el 20% de los diplomas. Dentro de los países de formación nivel de la maestría se encuentran Estados Unidos (6,67%), Francia (5.33%), Inglaterra e Israel (4%).

Al cruzar el lugar de formación de los 86% investigadores de origen mexicano del IBT- UNAM en el SNI, en relación con el nivel obtenido en el SNI en 2012 lugar de formación y los cortes temporales de las políticas de reordenación del sistema por parte del gobierno en el desarrollo de la CyT, para observar la relación entre el origen del diploma y las características de las instituciones donde trabajan el resultado fue el siguiente:

1. De los 11 investigadores mexicanos que se encuentran en el nivel más alto del SNI: nivel 2 y 3 y que realizaron sus estudios de doctorado antes de 1984, los polos de formación a nivel doctorado son cuatro países: México (45.5%), Estados Unidos con 18.2%, Francia e Inglaterra con 9.1%.

Tabla 5.11 Posición de los investigadores del IBT-UNAM dentro del SNI en función del lugar de obtención del diploma de doctorado y período.

	Antes del SNI (1984)			Después del SNI (1985-1996)			Después de PROMEP (1997-2012)		
País	SNI 2	SNI 3	Porcentaje	SNI 2	SNI 3	Porcentaje	SNI 2	SNI 3	Porcentaje
CAN	1	0	9.1%	0	1	4.4%			
EUA	0	2	18.2%	3	2	11.1%	1	3	5.1%
FRA	0	2	18.2%	1	3	8.9%	0	1	1.3%
ING	0	1	9.1%	1	2	6.7%	3	0	3.8%
MEX		5	45.5%	6	20	57.8%	64	4	86.5%
SUI				2	0	4.4%			
Total	1	10	11	12	28	45	68	8	79

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CV de los miembros del SNI 2012.

2. En cuanto a los investigadores que se formaron en el segundo período (1985-1996), considerados los herederos: 40 de ellos se encuentran en el nivel de investigadores consolidados. A nivel de porcentaje por grupo, esto es 45 investigadores: México representó la primera opción de formación para el grueso de los investigadores. En tanto que Estados Unidos, Francia e Inglaterra y Suiza fueron la segunda opción de formación.



3. Para los investigadores mexicanos que se formaron en el tercer período 76, de un total de 79, México representa la primera opción de formación doctoral para el 86.5% de los investigadores consolidados y Francia e Inglaterra la segunda opción de formación.

En suma, esta tabla habla de la atracción que tuvo este colectivo en la formación de cuadros, y también como un espacio para que los investigadores formados en México encontraran un lugar para llevar a cabo su quehacer científico. A este respecto cabe mencionar que, a diferencia del colectivo anterior, los investigadores de este grupo, desde la segunda y tercera generación realizaron estancias posdoctorales fuera del país antes de ser contratados en este colectivo.

Ahora bien, las líneas de investigación del IBT-UNAM guardan una relación estrecha con el desarrollo de la Genómica y la Ingeniería Genética lo cual los coloca en los temas de investigación de frontera. Respecto a las líneas de investigación, es importante resaltar que el IBT-UNAM se centra mayoritariamente en el estudio, la caracterización, la función, el manejo y la utilización de proteínas y ácidos nucleídos (línea de investigación del Dr. Francisco Bolívar), y sus ámbitos de aplicación se remiten al ámbito de los fármacos, la medicina y al ámbito de agro alimentario. Aunque el IBT-UNAM es una dependencia universitaria relativamente joven -en 2012 cumplió 30 años – el conjunto de los investigadores han hecho contribuciones significativas tanto en investigación básica, en investigación aplicada<sup>108</sup> y en el desarrollo tecnológico.<sup>109</sup>

Si bien el Instituto no cuenta con una publicación propia como el COLPOS, se puede mencionar que en 2012 se generaron 166 publicaciones en revistas de arbitraje internacional indexadas, 24 capítulos de libros (seis de ellos nacionales), dos libros, 1 nacional y el otro internacional. De los artículos no

---

<sup>108</sup> A este respecto vale la pena mencionar que el Dr. Rafael Vázquez Duhalt en el 2011 y el Dr. Alfredo Martínez Jiménez ambos del IBT UNAM, en 2012 recibieron el Premio SCOPUS al investigador mexicano más citado en el área de Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

<sup>109</sup> En lo que referente a la productividad tecnológica se refiere, el evento tecnológico más significativo en 2012, ha sido el lanzamiento del producto *Fungifree AB* a nivel comercial. Se trata de un biofungicida desarrollado por el IBT-UNAM y el CIAD-Culiacán, a través de la compañía creada por investigadores (Spin Off) y comercializada por una empresa del agro. A los investigadores del Instituto se les han concedido hasta la fecha 63 patentes. En 2012 se concedieron al IBT-UNAM tres patentes, mientras que se solicitaron cinco patentes internacionales y dos nacionales.

indexados destacan ocho en revistas mexicanas. Esta producción da un promedio 1.48 por investigador registrados en 2012 y el factor de impacto del conjunto de las publicaciones del Instituto es de 73, el más alto en el sub sistema. Dentro de los temas tratados por el Instituto de 2006 a 2012 se encuentran los siguientes:

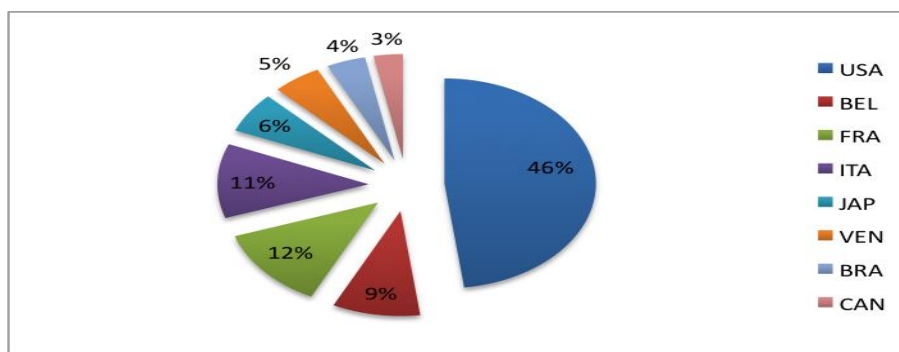
Tabla 5. 12 Temas de los artículos IBT-UNAM en SCOPUS 2006-2012.

Temática	Número	Porcentaje
Inmunología/Microbiología	535	50.19%
Agricultura/C Biológicas	275	25.80%
Medicina	191	17.92%
Ingeniería Química	139	25.80%
Farmacia, Toxicología	117	17.92%
Química	84	7.88%
Neurociencias	88	8.26%
Medio Ambiente	67	6.29%
Ingeniería	32	3.00%
Materiales	23	2.16%
Otros	82	7.69%
Total	1066	100%

Fuente: Elaboracion propia en base a SCOPUS. Corte 2012.

A partir del análisis de la colaboración de los investigadores del IBT-UNAM con investigadores extranjeros, la gráfica siguiente resume los principales vínculos en el rubro de publicación de artículos. Como se puede observar en ella, se encuentra una concordancia con la distribución de los principales polos de formación de este grupo, los investigadores con los cuales hay una mayor participación provienen de Estados Unidos, con 119 publicaciones, Francia con 32, Bélgica con 23 y Venezuela, Brasil y Canadá con 13, 12 y 19 publicaciones respectivamente, según información que proporciona SCOPUS en 2012.

Gráfica 5.4. Países con los cuales publican los investigadores del IBT-UNAM, 2006-2012.



Fuente: Elaboración propia en base a SCOPUS. Corte 2012.

A nivel nacional, las publicaciones del IBT-UNAM; se concentran mayoritariamente con investigadores de la misma institución (IBT-UNAM y otras dependencias de la UNAM), con la UAEMor -lugar donde reside-, con el CINVESTAV, el Sector Salud y el IPN.

### ***5.2.3 El Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa (DBT-UAMI)***

A diferencia de los investigadores anteriores el Dr. Gustavo Viniegra no proviene de la Facultad de Química, sino de la Facultad de Medicina (1965), realizó la maestría en Bioquímica en el CINVESTAV del IPN (1967), un doctorado en Biofísica en la Universidad Berkeley en California, EUA, (1971) y fue estudiante de posdoctorado en la Universidad de Pensilvania en 1972.

A su regreso a México, en 1973, formó parte del IIB-UNAM. Después, en 1976, Gustavo Viniegra salió de la UNAM y migró a la UAM para formar el DBT-UAMI.

Cuando se fundó el IBT-UAMI en 1976, la UAM, tenía dos años de ventaja de haberse creado y por lo tanto, todo estaba en proceso de construcción. El grupo-fundador provenía de las universidades de mayor tradición, UNAM, CINVESTAV y el IPN, muchos de ellos aún no contaban con el grado del doctorado.

Por la fecha generacional de los primeros biotecnólogos de este colectivo, todos habían realizado sus estudios de licenciatura y maestría en instituciones que habían participado en los movimientos estudiantiles y sociales: 68-72. Algunos de ellos habían formaban parte de la masa crítica del movimiento, otros en la creación de los sindicatos universitarios y otros, como Viniegra había trabajado como corresponsal del movimiento del 68 en Estados Unidos para un diario de la ciudad de México.

Para todos ellos la UAM resulta ser un espacio de nuevas oportunidades para la educación, la investigación y la aplicación de conocimientos. Adoptaron el nombre de Biotecnología, porque veían que a través de ese enfoque, que estaba aún en construcción, podían cristalizar sus sueños de hacer *algo* con la *ciencia*: hacer la Biotecnología de los recursos naturales y para la sustentabilidad.

Los primeros fondos para realizar su quehacer científico fueron obtenidos gracias a la participación de proyectos internacionales: primero con la OEA, después con Canadá y posteriormente con la Comunidad Europea. La idea de ese grupo era utilizar los conocimientos de Microbiología y de la Ingeniería de alimentos en la creación de nuevas alternativas para enfrentar el tema alimentario de manera sustentable. Uno de estos proyectos fue el desarrollo de productos a partir de la fermentación de la caña de azúcar, para darle un valor nutrimental y también comercial, beneficiando así, tanto a los consumidores como a los productores: los trapicheros.

Actualmente el DBT-UAMI está conformado por 52 investigadores de tiempo completo agrupados en tres Áreas de Investigación, Área de Alimentos, Área de Bioquímica de Macromoléculas y Área de Microbiología. Un aspecto importante de la visibilidad de este colectivo, y particularmente del grupo de Microbiología, ha sido el trabajo en redes de colaboración a nivel internacional. Al inicio, el grupo de Microbiología contaba con cinco investigadores mexicanos, ahora son ocho.

La visibilidad del equipo de Microbiología se relaciona con la alianza que se estableció con Maurice Rimbaud investigador del entonces ORSTOM,<sup>110</sup> ahora IRD (Institut de Recherche pour le Développement) para llevar a cabo su quehacer científico sobre un tema afín: la Fermentación en medio sólido, para resolver el problema del hambre y la dependencia económica.<sup>111</sup>

El objetivo de este equipo, en un inicio, no era la publicación de textos científicos; por lo que el avance en la escala de las evaluaciones externas (cfr, SNI) fue muy lenta, la prioridad era la formación de recursos humanos tanto mexicanos como franceses, con la creación de la maestría y el doctorado. Este hecho contribuyó a que, cronológicamente el DBT-UAMI se constituyera como primer polo de formación en Biotecnología a nivel internacional.<sup>112</sup> Actualmente

---

<sup>110</sup> ORSTOM: Organisme de Recherche Scientifique des Terroires de Outre Mer.

<sup>111</sup> Entre otros Investigadores y técnicos franceses que han trabajado en el marco de esta alianza IRD-UAMI, podemos mencionar a Richard AURIA, Pierre CHRISTEN, Herve MACARIE, Jean Pierre GUYOT, Didier ALAZARD, Isabelle PERRAUD-GAIME, Laure HANNIBAL, Philippe JOURAND, Bernard RIO, Alain BARON y Serge BERNARD, algunos de los cuales colaboran en proyectos de investigación interdisciplinaria a gran escala: (cfr: IMEP: <http://www.imep-cnrs.com/fiches/roussos/roussos.htm>.)

<sup>112</sup> De acuerdo con las investigaciones en curso de la Dra. Isabelle Gaime sobre el DBT, hasta 2013, se han registrado un total de 27 franceses formados en esta institución, principalmente de la escuela de Compaigne, que era una gran escuela de Biotecnología, de Dijon, y de la universidad de Bourgogne.

tanto el doctorado como la maestría se encuentran en el PNPC como programas consolidados.

Tabla 5.13 Oferta educativa del DBT-UAMI 2012

Nombre	PNPC
Maestría en Biotecnología	Consolidado
Doctorado en Biotecnología	Consolidado

Fuente: Informe estadístico del Informe de Rectoría UAMI

De acuerdo con los criterios establecidos sobre la comparación de esta muestra: pertenecían al SNI, nivel de doctorado, contratación de tiempo completo y publicaciones registradas en SCOPUS, solamente 24 de un total 52 de todos los investigadores de DBT, lo cual hace del DBT-UAMI, el colectivo más pequeño de esta muestra.

De acuerdo con las trayectorias formativas de los investigadores que conforman el DBT-UAMI y que están registrados en el SNI 2012, a nivel licenciatura, México es el referente del 91.67%, de los cuales el 83.33% son egresado de la UAMI. A nivel maestría el polo de referencia es México y la institución de formación también es el DBT-UAMI, con el 66.67% de los diplomas emitidos.

En cuanto al cruce de los datos sobre la obtención del diploma de doctorado, la calificación dentro del SNI, y los cortes de periodización de esta tesis se observa lo siguiente:

1. Los dos investigadores consolidados que obtuvieron su diploma de doctorado antes de 1984 y que corresponden a los pioneros, sus lugares de formación son Canadá y Estados Unidos.

Tabla 5.14. Posición de los investigadores del DBT-UAMI dentro del SNI en función del lugar de obtención del diploma de doctorado por período.

País	Antes del SNI (1984)			Después del SNI (1985-1996)			Después de PROMEP (1997-2012)		
	SNI 2	SNI 3	Porcentaje	SNI 2	SNI 3	Porcentaje	SNI 2	SNI 3	Porcentaje
EUA		1	33%				1		6.3%
FRA				1	3	36%	2		12.5%
ING	1	1	66%	1	2	27.9%	1	1	12.5%
MEX					3	27%	8	3	68.8%
Total		2	3	2	8	11	12	4	16

Fuente: elaboración propia en base al análisis de los CV de los investigadores que aparecen registrados en el SNI 2012.

2. Del total de investigadores que conforman este grupo, 10 investigadores son consolidados que obtuvieron el diploma en el segundo período: (entre 1985 y 1996), el lugar de referencia mejor evaluado en el SNI es Francia.

3. En el tercer período 16 investigadores realizaron sus estudios de doctorado. Recordemos que en ese período, con la puesta en marcha del PNPC, México se convirtió en el primer polo de formación. Esto se ve reflejado cuando el 68% de los investigadores eligieron realizar sus estudios en México, seguido de Francia e Inglaterra como tercer lugar de formación.

En suma, el cruce de estos datos muestra que en este colectivo los procesos de formación en el extranjero representan un peso importante en todos los cortes temporales realizados para analizar el posicionamiento de sus investigadores.

Dentro de las actividades que realizan los investigadores del DBT-UAMI se encuentran: docencia, divulgación, investigación, vinculación y servicio con los sectores industrial y gubernamental. Las líneas de investigación incluyen temas de tecnología de alimentos, fitoquímica, sustentabilidad, biorremediación, biotransformación, ingeniería genética, así como extracción e identificación de compuestos bioactivos y nutraceuticos. A nivel particular, las líneas de investigación del área de Microbiología del DBT-UAMI son. Biotecnología ambiental, Fermentaciones en medio sólido, Mejoramiento genético de cepas industriales. Utilización de desperdicios pesqueros por fermentación. sistemas empresariales y sustentabilidad. Dentro de los trabajos publicados que aparecen en SCOPUS sobre este colectivo los temas recurrentes son los siguientes:

Tabla 5.15 Temas de los artículos DBT-UAMI en SCOPUS 2006-2012.

Temas	Num.	Porcentaje
Ingeniería Química	90	25.14%
Biotecnología, Genética y Biología Molecular	77	21.51%
Química	60	16.76%
Medio Ambiente	60	16.76%
Ingeniería	57	15.92%
Medicina	47	31.97%
Inmunología y Microbiología	44	29.93%
Total	358	100%

Fuente: Elaboración propia en base a SCOPUS. Corte 2012.

La formación de recursos humanos por parte del equipo IRD y el DBT-UAMI, ha pasado por tres etapas: primero la formación de recursos humanos, tanto

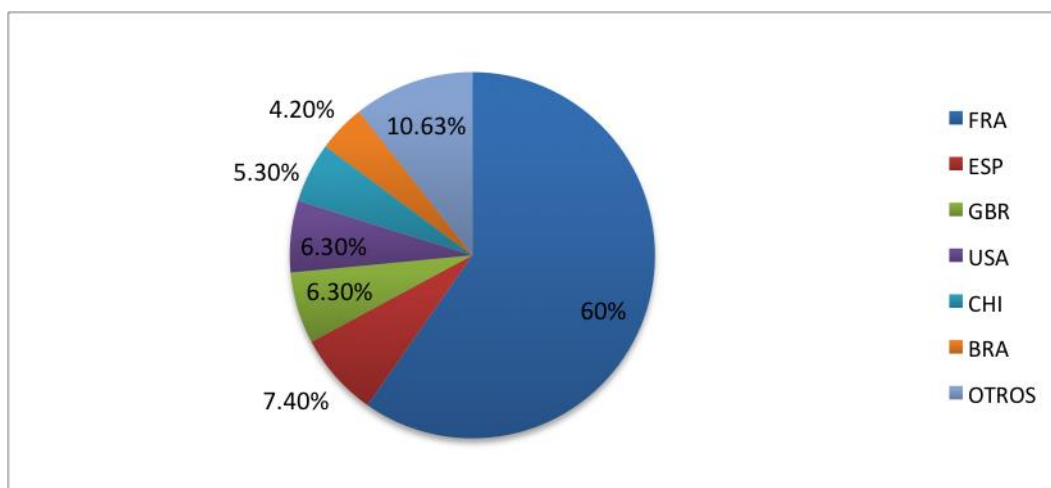
mexicanos, como franceses para apoyar a los centros de Biotecnología en otras entidades de la República Mexicana: como Guadalajara, Veracruz, Hidalgo. Segundo la habilitación de profesores mexicanos para poder participar en la co-titulación de investigadores de las grandes unidades de investigación. Tercero, la formación de recursos y consolidación de equipos de investigadores en colaboración con los investigadores franceses.

La formación de cuadros, como primer objetivo del DBT-UAMI, dejó de lado, en un primer momento, la publicación de artículos científicos, por lo que el impacto en número de publicaciones con los colectivos anteriores es menor. A decir de uno de los investigadores entrevistados sobre el tema de las publicaciones afirmó:

*En lo que era débil el grupo es que el grupo no publicaba. No publicaba porque en ese tiempo no era tan obligatorio la publicación, el impacto factor, (H índice). La única cosa que se publicaban eran las actas de seminarios y de congresos. (INV.M.FRA.FRA.MONPELLIER. C3.FRA).*

En cuanto al tema de colaboración a través del análisis de las publicaciones científicas del DBT-UAMI entre 2006 y 2012, tenemos, según SCOPUS, una mayor colaboración científica entre Francia y España, seguida de Gran Bretaña y Estados Unidos, como se muestra a continuación:

*Gráfica 5.5 Países con los cuales publican los investigadores del DBT-UAMI 2006-2012*



Fuente: Elaboración propia en base a SCOPUS. Corte 2012.

A nivel de la colaboración con otras instituciones nacionales el DBT-UAMI, mantiene una relación fuerte con instituciones como la UNAM, el IPN, el CINVESTAV y el Instituto Mexicano del Petróleo.

#### **5.2.4. Centro de investigación y Estudios Avanzados Unidad Irapuato (CINVESTAV-I)**

La unidad Irapuato del CINVESTAV se inauguró en 1982, bajo la idea de descentralizar las opciones de investigación de alto nivel. La elección de Irapuato, municipio de Guanajuato, como espacio de este centro se debió a varios aspectos: se encuentra en la zona norte central de la República Mexicana, el suelo y las condiciones geográficas lo hacen ser el mayor productor de semillas de la región.

En esta unidad del CINVESTAV se realiza investigación básica y aplicada, enfocada a la solución de problemas del sector agrícola. Dentro de su equipo de investigadores se encuentran científicos como Alejandro Blanco Labra, José Ruiz Herrera, Octavio Paredes-López, Rafael Rivera Bustamante y Luis Herrera Estrella. Este último, formado en el colectivo Max Planck, logró reproducir los hallazgos de Bolívar Zapata en microorganismos vegetales.

De acuerdo con la información reportada por el Dr. Luis Herrera Estrella, al principio de su carrera no tenía idea de hacia dónde continuar sus estudios de posgrado. Formado en la ENCB del IPN, dos eventos determinaron su camino: la primera es el haber asistido a una conferencia de un investigador del Max Planck – quien lo invitó a realizar su doctorado en la Universidad de Gante - y la segunda contar con la firma y las enseñanzas de Bolívar Zapata para acceder a esa institución, lo que habla de la imagen del Bolívar Zapata como referente mexicano en el campo de la Biotecnología.

Luis Herrera Estrella, replicó los trabajos de modificación genética de Bolívar Zapata en plantas, por lo que sus trabajos se adelantaron a las investigaciones que los colectivos de investigación privados y públicos estaban realizando, entre ellos Monsanto Inc.

De regreso a México, y con ayuda de CONACYT, el CINVESTAV, el gobierno estatal y los agricultores de la región, Luis Herrera logró reunir la mayor



cantidad de dinero para la creación de un laboratorio de alto nivel, y ampliar así la investigación dentro de la unidad Irapuato.<sup>113</sup>

Actualmente el CINVESTAV-I está formado por dos departamentos, Ingeniería Genética, Biotecnología y Bioquímica y el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad: el Langebio. En esta institución se imparten cuatro programas de posgrados, todos de ellos incluidos en el PNPC y clasificados con el nivel de competencia Internacional.

En la Unidad Irapuato se ofrecen los Programas de maestría en Ciencias y el doctorado tradicional. Ambos programas se pueden llevar de manera indistinta en los dos departamentos de la Unidad Irapuato, el Departamento de Biotecnología y Bioquímica y el Departamento de Ingeniería Genética, así como en el Langebio.

Tabla 5. 16 Oferta educativa del CINVESTAV-I 2012.

Programa	Nivel	
	PNPC	Internacional
Maestría en Ciencias	Consolidado	Competencia Internacional
Doctorado en Ciencia	Consolidado	Competencia Internacional
Maestría en Biología Integrativa	Consolidado	Competencia Internacional
Doctorado en biología integrativa	Consolidado	Competencia Internacional

Fuente: <http://www.puntoyaprende.com/pbi/>

De acuerdo con el análisis de las trayectorias formativas de los 41 investigadores que conforman la planta académica del CINVESTAV-I, se encuentra una población constituida por 26% mujeres y 74% Hombres, de los

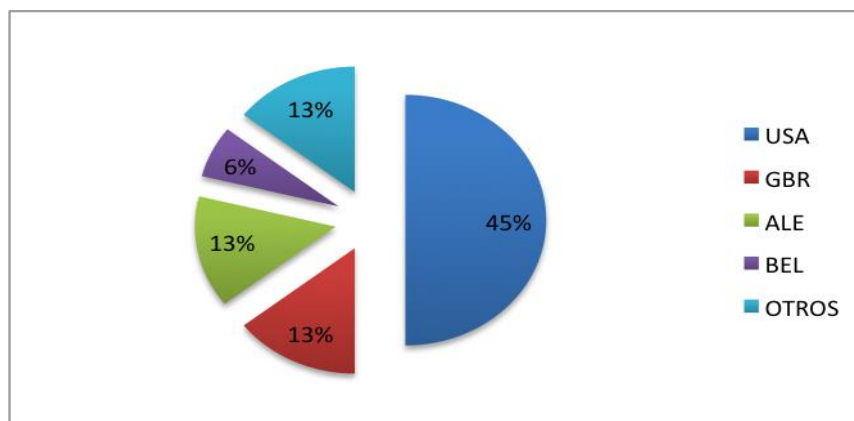
<sup>113</sup> Dentro de los premios recibidos por su contribución al campo el Dr. Luis E Herrera Estrella se cuentan los siguientes: 1) El Premio Internacional Minouri and Ethel Tsutsui, concedido en 1984 por la Academia de Ciencias de Nueva York, de Estados Unidos, por haber elaborado la mejor tesis de doctorado en Biología en el nivel internacional. 2) El Premio Javed H EUA, que le otorgó la UNESCO, con sede en Francia, en 1987, por ser el mejor investigador joven en el área de biología. 3) El Premio de la Academia de la Investigación Científica de México en Ciencias Naturales, 4) La Medalla de Oro, concedida en el año 2000 por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, con sede en Suiza, por ser uno de los tres investigadores más destacados de México. 5) El Premio Nacional de Ciencias y Artes 2004, otorgado por la Presidencia de la República Mexicana, por sus contribuciones científicas. 6) Premio Científico Luis Elizondo 2010. De sus trabajos de investigación, centrados en la modificación de plantas con técnicas de la ingeniería genética, han surgido 7 patentes en diversos países del mundo; 118 artículos científicos publicados en revistas internacionales; 44 capítulos de libros editados en Estados Unidos, México, Gran Bretaña, Alemania, España y otros países; y tres libros sobre su especialidad. Sus trabajos de investigación han sido citados más de 4,600 veces por investigadores de muy diversas instituciones del Mundo.

cuales el 78% son mexicanos y el 12% extranjeros. Igualmente se puede observar que el promedio de edad del total de los investigadores es de 50 años. En cuanto a los polos de formación a nivel doctorado los investigadores que trabajan en este colectivo, el 27% lo realizó en instituciones mexicanas y el 67% en el extranjero. Cabe mencionar que dentro de la política de contratación de este colectivo, se busca abatir las prácticas endogámicas, por lo que la publicación de las plazas se abre al mercado internacional. Comparativamente esta institución concentra la mayor cantidad de investigadores extranjeros: 22.30%.

De acuerdo con las trayectorias formativas de los investigadores que conforman el CINVESTAV-I en 2012, el 63.41% realizó la licenciatura en México, en instituciones como: CINVESTAV (12.20%), IPN (22%), UNAM (20%), en cuanto a los diplomas de las IES públicas estatales se encuentran tres diplomas: de la Universidad Autónoma de Guanajuato, la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca y la UAAA Narro.

A nivel maestría los diplomas mexicanos representan 44%; dentro de los cuales se encuentra el CINVESTAV el 20% y la UNAM con el 14%. En cuanto a los diplomas de maestría de otras latitudes (el 56%), los países de referencia son Estados Unidos e Inglaterra (17% cada uno), Bélgica y Alemania con 3.88% cada uno. En cuanto a los polos de formación a nivel doctorado de aquellos que estudiaron en el extranjero los principales países son: Estados Unidos (45%), Inglaterra y Alemania, con 13% respectivamente.

*Gráfica 5.6. Principales países de formación a nivel doctorado de los investigadores del CINVESTAV-I*



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CV de los investigadores que aparecen registrados en el CINVESTAV-I. Corte 2012.

Después del cruce de la calificación, lugar de formación y fecha de obtención del doctorado de los 32 investigadores mexicanos de este colectivo (78%). se sabe que:

1. Los fundadores de este colectivo (7) realizaron sus estudios en cuatro países. México, Estados Unidos, Canadá e Inglaterra.
2. Los investigadores que realizaron sus estudios de doctorado en el segundo período, es decir de 1985 a 1996 (15 investigadores), y que estudiaron en México se encuentran presentes en todos los niveles del SNI. No obstante, a nivel cualitativo, aquellos que estudiaron en el extranjero, como en los colectivos anteriores, continúan ocupando los rangos más altos de ese sistema.
3. Para aquellos que estudiaron el doctorado en el período comprendido entre 1997 y 2012, y que para nuestro corte temporal representan la generación de recambio, 19 de ellos se encuentran posicionados como investigadores consolidados.

Tabla 5.17 Posición de los investigadores del CINVESTAV-I dentro del SNI en función del lugar de obtención del diploma de doctorado y por período

	Antes del SNI (1984)			Después del SNI (1985-1996)			Después de PROMEP (1997-2012)		
País	SNI 2	SNI 3	Porcentaje	SNI 2	SNI 3	Porcentaje	SNI 2	SNI 3	Porcentaje
BEL		1	11.1%	1		6.7%			
EUA	1	3	44.4%	3	3	40.0%	7	1	2.4%
ING	1	1	22.1%	2	1	20.0%	4	1	2.4%
MEX		2	22.2%	2	3	33.3%	5	1	2.4%
Total	2	7	9	8	7	15	16	3	41

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CV de los investigadores que aparecen registrados en el SNI 2012.

La tabla anterior muestra, que en el caso del CINVESTAV I, en este corte temporal, existe una relación entre aquellos que se formaron en Estados Unidos y la obtención de la calificación más alta en el SNI.

Respecto a las líneas de investigación, el CINVESTAV-I desarrolla investigación en grandes áreas de la Biología Moderna: desde la Bioquímica y la Biología Molecular hasta la explotación de sistemas biológicos de interés agrícola e industrial. Su objetivo es integrar grupos de investigación multidisciplinaria para llevar a cabo estudios de alta calidad y liderar

investigación para la caracterización y uso sustentable de la biodiversidad mexicana. Los temas que aparecen registrados en SCOPUS respecto a las publicaciones del campus Irapuato son 597 y tienen un factor de impacto de 30.

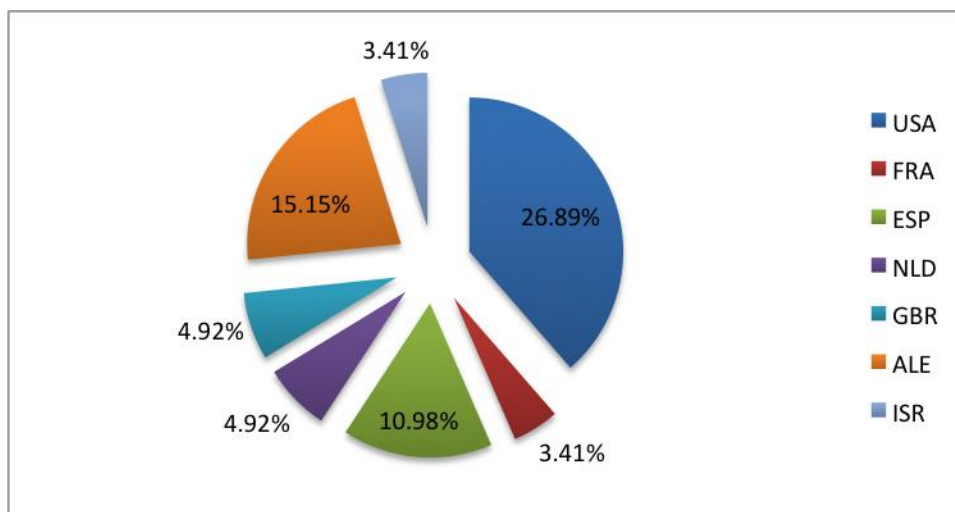
Tabla 5. 18. Temas de los artículos CINVESTAV-I en SCOPUS 2006-2012

Temática	Núm.	Porcentaje
Agricultura/C Biológicas	299	60.08%
Bioquímica, Genética y Biología Molecular	196	39.12%
Inmunológica y Microbiología	118	23.55%
Medicina	61	12.18%
Química	50	9.98%
Medio Ambiente	36	7.19%
Farmacia	13	2.59%

Fuente en base a SCOPUS, fecha de corte Enero 2013

Los países con los cuales colaboran los investigadores del CINVESTAV-I sobresalen: Estados Unidos, Alemania y España:

Gráfica 5.7 Coautores de los investigadores del CINVESTAV-I 2006-2012.



Fuente en base a SCOPUS. Ccorte enero 2012

Las instituciones con las cuales colabora en México son: IPN, UNAM, CINVESTAV, UASNH, UAQ, INIFAB, UAGto, y el Instituto Potosino de Investigación en Ciencia y Tecnología (IPICYT).

A manera de corolario quiero mencionar que a diferencia de otras disciplinas, donde los procesos de institucionalización, la visibilidad y aplicación de los conocimientos son de larga data, en el caso de la Biotecnología en México se

observa una aceleración constante, tanto en la generación del conocimiento como en la urgencia de la aplicación de los conocimientos.

Si bien en el plano científico, las líneas de investigación de cada uno de los colectivos siguen trabajando los temas marcados por los pioneros, es perceptible que en cada uno de ellos se siguen derroteros distintos.

Por ejemplo en el caso del COLPOS-M, el colectivo de investigación de más larga data se observa que los trabajos relacionados con la producción de semilla para las zonas de temporal, los espacios de visibilidad y el impacto son locales, principalmente en zonas rurales. También se observa que, en cuanto a las publicaciones científicas indexadas en SCOPUS los temas abordados tienen relación con el medio ambiente (44.39%), las ciencias sociales (23.53%) y en tercer lugar con la Bioquímica, Genética y Biología Molecular (21.93%). Lo cual pone a este colectivo en desventaja al momento de ser referenciados por sus pares en el campo de la Biotecnología y lo vuelve un referente en el ámbito de las ciencias sociales.

En el caso de DBT-UAMI, las redes establecidas desde su origen con Francia, favorecieron la construcción de una masa crítica volcada en la utilización de la Biotecnología para abordar el tema de la bio remediación desde varias aristas. También este enlace con el exterior sirvió, en un principio, como una plataforma para acceder a recursos económicos, y más adelante como aliado para establecer alianzas con países del cono sur, como Chile, Brasil y Cuba. Estos países, además de los lugares de formación, constituyen su horizonte de visibilidad, pues con ellos realizan trabajos de investigación, principalmente en el área de Ingeniería Química (25%), Biotecnología, Genética y Biología Molecular (21%), Química y Medio ambiente (16.75%).

En lo que concierne al CINVESTAV-I y el IBT UNAM, las líneas de investigación, siguiendo las posturas abordadas por los pioneros, logran visibilidad a gran escala por el número de publicaciones que año con año presentan los investigadores de estos colectivos.

Para el caso del CINVESTAV-I, los temas de las primeras 498 publicaciones presentadas en SCOPUS, en el corte de 2006 a 2012, se refieren a temas relacionados con el agro, pero desde las tendencias internacionales: la Genética Molecular y la Bioquímica, lo que le vale una amplia visibilidad entre los pares internacionales de este campo.

En el caso del IBT-UNAM, grupo pionero en el ámbito de la Genómica los enlaces internacionales con su pares internacionales (particularmente de los lugares de formación) y el mercado científico, han contribuido en extender el aspecto de acción de este colectivo. Esto se puede observar deteniéndonos en las publicaciones presentes en la base de datos SCOPUS (2006-2012), donde los temas abordados estén relacionados con cuestiones susceptibles de ser aplicadas: Microbiología/Inmunología (50.19%), Agricultura (25.80%) y Medicina (17.92%)

Como se detalló anteriormente los espacios de visibilidad de cada uno de estos colectivos fue posible con la confluencia de varios factores, donde la línea de investigación, el contexto y los procesos de socialización adquirieron un papel importante. A este respecto, en este recorrido se observaron redes de diferente orden:

- redes entre científicos, locales, nacionales e intencionales
- redes entre científicos de varias disciplinas
- redes entres científicos y tomadores de decisiones en el plano político,
- redes entres científicos y tomadores de decisiones en el plano económico,
- redes entres científicos y tomadores de decisiones en el plano social

En términos de Bourdieu (2000) la posesión de estas redes constituye para cada uno de los colectivos una acumulación de capitales para posesionarse en el campo.

De igual manera se observó la presencia activa de actores externos (nacionales e internacionales) en la determinación de las líneas del desarrollo de la Biotecnología,<sup>114</sup> lo que no ocurre de manera abierta en otras disciplinas. Ante este panorama, ahora será interesante escuchar en el siguiente capítulo, la voz de los investigadores para entender la arena en la cual se lleva a cabo el quehacer científico de estos colectivos.

---

<sup>114</sup> Ejemplo de ello es la participacion de los gobernantes en el desarrollo de los proyectos científicos. [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/02/18/actualidad/1361212259\\_278012.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/02/18/actualidad/1361212259_278012.html).

## CAPITULO VI.

### POLOS, TRAYECTORIAS Y REDES EN CONTEXTOS DIFERENCIADOS

A fin de observar a nivel más fino la construcción y validación de la ciencia, se realizaron 67 entrevistas a profundidad a investigadores y estudiantes en el campo de la Biotecnología en las IES seleccionadas e integrantes de las redes de colaboración de las mismas. El trabajo de campo estuvo dividido en dos etapas. Primero, se llevaron a cabo entrevistas dentro de los colectivos de investigación seleccionados. Estos son los investigadores que pertenecen al IBT-UNAM, DBT-UAMI, CINVESTAV-I y COLPOS-M. En esta primera etapa se entrevistaron a un total de 44 investigadores, todos ellos investigadores vigentes dentro del SNI en 2012.

Tabla 6.1 Composition de los colectivos en el SNI 2012 y Entrevistas realizadas

Colectivo	Total	% total de miembros que pertenece al SNI en 2012	Composición SNI 2012		Total entrevistados	
			Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
DBT UAMI	52	51.92%	15	12	8	3
IBT UNAM	148	67.57%	80	68	9	3
CINVESTAV I	62	100.00%	41	21	9	2
COLPOS -M	239	22.59%	38	16	8	2
Total	501	58.08%	174	117	34	10

Fuente: Elaboración propia.

Debido al peso que poseen Estados Unidos y Francia en la formación de cuadros y en el establecimiento de redes colaboración con la comunidad científica mexicana, la segunda parte del trabajo de campo se llevó a cabo en dichos países. En esta segunda etapa del trabajo de campo, se buscó contar con la participación de investigadores mexicanos y extranjeros residentes en estos países para conocer las formas en las cuales se establecen las redes de colaboración. En esta etapa se entrevistaron a 9 investigadores. De igual manera, se realizaron 10 entrevistas a estudiantes que actualmente estudian en esos países en campo de la Biotecnología con el objetivo de conocer los

factores y actores que intervienen en la formación de las nuevas generaciones de investigadores en contextos diferenciados.

Para analizar los datos obtenidos en las entrevistas se utilizó una matriz de tres ejes: trayectorias formativas, trayectorias profesionales y redes, a través cuatro dimensiones transversales:

- 1) El ámbito disciplinario, para conocer de qué manera las trayectorias formativas y profesionales de los investigadores mexicanos han estado vinculadas con la evolución y validación de los paradigmas en el campo de la Biotecnología.
- 2) Las características de los colectivos de formación y adscripción, para conocer en qué medida los espacios organizacionales constituyen polos de referencia en el desarrollo y validación del quehacer científico.
- 3) La influencia de las políticas gubernamentales y de las agencias privadas que proveen financiamiento para el desarrollo de la ciencia. Esto con el objeto de reconocer los elementos de tensión u oportunidades que ofrecen los actores externos en la evolución y validación del quehacer científico.
- 4) Los elementos contextuales dentro de los cuales se lleva a cabo el quehacer científico con la finalidad de reconocer, en primera instancia, los momentos de inflexión que han influido en la modelación de las trayectorias formativas, profesionales y el establecimiento de las redes de colaboración científica; y en un segundo momento, para observar el peso específico que han tenido los lugares donde se formaron y laboran los investigadores en la construcción y en la validación de su quehacer científico.

Buscando tener un acercamiento más fino sobre los elementos que han influido en las trayectorias formativas, trayectorias profesionales y las redes de colaboración, he tomado como punto de referencia tres cortes temporales, correspondientes a las estrategias utilizadas por el gobierno mexicano para influir en el desarrollo de la CyT en México.

Estos períodos corresponden, como lo planteé en el segundo capítulo, a los procesos formativos a nivel del doctorado que se llevaron a cabo antes de la puesta en marcha del SNI: 1984. El segundo período corresponde a la etapa posterior al SNI y previo al PROMEP: 1985-1996. El tercer período corresponde a los procesos formativos que se llevaron a cabo entre 1997 y



2012. En base a esta periodización el porcentaje de investigadores entrevistados para este análisis es el siguiente:

Tabla 6.2 Número de Investigadores entrevistados por período

Fecha de obtención de doctorado	Número	Porcentaje
Primer período: antes de 1984	12	27%
Segundo período: de 1985-1996	18	40%
Tercer período: de 1997 -2012	14	31%
Total	44	100%

Fuente: Elaboración propia

### **6.1 Elegir el campo de la Biotecnología: de la influencia del entorno a la búsqueda de nuevas respuestas.**

¿Cómo eligió el lugar donde llevó a cabo sus estudios? Detrás de cada decisión que toma un individuo, dice Crozier (1990), existen ciertos elementos externos al sujeto que van determinando el abanico de posibilidades de elección. En el caso de los investigadores que se dedican al desarrollo de la Biotecnología este abanico ha cambiado en función de los contextos y el curso de vida de los investigadores.

Como lo mencionan Grediaga et al (2012: 98), las trayectorias de un investigador pasan por varias etapas que están determinadas no solamente por las cuestiones cognitivas, los espacios organizacionales, la influencia de la familia, de un amigo o de un tutor; sino también en función del contexto y la situación económica en la cual se lleva a cabo la formación de recursos humanos. En el caso de los investigadores del campo de la Biotecnología la decisión de incursionar en la ciencia proviene de etapas previas a la licenciatura, como el siguiente:

*En la preparatoria tenía un profesor de ética, que había estudiado en Alemania. Era un tipo brillante, nos decía cosas tan desparpajan tés para la época como: “muchachos: Dios no existe”. Yo me críe en una casa católica, mi madre era muy católica, pero mi padre no, yo era completamente ateo, pero aquella frase de que “Dios no existe, Dios fue creado por el hombre y no al revés” me impactó, fueron este tipo de choques lo que me llevaron a buscar las respuestas en la ciencia. (INV.M.MEX.DBT.B.3.MEX).*

Con inquietudes como la mencionada por el entrevistado, las trayectorias de los que hoy forman parte de la élite científica en este campo se fueron

construyendo a partir de los comentarios de un profesor brillante en la etapa formativa (56%), el entorno familiar (20 %), el interés hacia los temas relacionados con la naturaleza (10%), o bien, debido a las circunstancias socioeconómicas en las cuales iniciaron su trayectoria formativa (17%).

En efecto, la carrera de un científico no siempre inicia en los salones de las universidades, ni en los grandes laboratorios; la carrera de un científico el interés por incursionar en ciertos ámbitos puede provenir de varios momentos de la vida de un investigador. En el caso de los investigadores entrevistados sobre los factores que influyeron en su decisión vocacional, fue importante para los pioneros el acercamiento a los temas científicos a través de la literatura.

*Mi afición por la ciencia nació a partir de la literatura, yo leía mucho cuando era niño. Una vez leí: Cazadores de Microbios, es un libro fantástico donde se describe la vida de los científicos a fines del siglo XIX, y eso me maravilló. (INV.M.MEX.IBT.C.3 MEX).*

En el caso de los investigadores más jóvenes, los documentales televisivos fueron un punto de referencia para la elección vocacional.

*Lo que me interesaba siempre era el trabajo con animales. Yo crecí en Inglaterra y siempre veía muchos documentales sobre animales, siempre me interesó todo eso y yo pensaba que, cuando fuera grande, iba a estudiar tiburones o dinosaurios o algo así. (INV.M.GBR.CINVESTAV.A.1.GBR).*

Entre aquellos que fueron pioneros de los centros de investigación en Biotecnología y aquellos que le sucedieron, en 1985, las condiciones económicas fueron distintas y, por lo tanto, jugaron un papel decisivo en la elección del lugar de formación. Particularmente para los investigadores que realizaron sus estudios en las escuelas-internado de agronomía.

*Yo era muy pobre, sumamente pobre, no tenía medios y por eso mismo mis padres me enviaron a estudiar a los internados. Ahí comíamos, dormíamos, nos vestían por parte de la escuela. Hice la preparatoria, la licenciatura y la maestría en Chapingo, siempre internado. (INV.M.MEX.COLPOS.C.3. USA).*

Recordemos que la ENA, Escuela Nacional de Agronomía (creada en 1884) la más antigua de México y de Latinoamérica, era una opción gubernamental para formar personal capacitado en el área del agro, principal fuente de ingresos del país en ese tiempo (Aguilar, 2008); y para los hijos de las familias

de escasos recursos era una opción para recibir cobijo y educación financiada por el Estado.

La actitud de servicio, que pertenece al sistema de valores y creencias, también fue un elemento recurrente en la elección de la carrera científica. En efecto, la actitud de poner al servicio de los otros lo aprendido, fue uno de los motivos que llevó, a más de las dos terceras partes de los investigadores entrevistados (72%), a elegir la carrera científica. Estos investigadores decidieron, a partir de varias disciplinas (Medicina, Química, Bioquímica, Biología, Veterinaria), utilizar sus conocimientos para resolver problemas relacionados con la salud, la alimentación y el mejoramiento del entorno:

*Mi padre tenía un problema de polio, a él lo oí hablar sobre los antibióticos, quizá eso fue lo que me impactó y decidió mi carrera. (INV.M.MEX.UAMC.C.3. GBR. POSD)*

El azar y la falta de información suficiente también jugaron en la decisión para escoger entre una disciplina y otra, especialmente en el caso de los investigadores que se formaron antes de que el acceso a la información vía Internet se hubiera difundido, como lo mencionó uno de los investigadores al respecto:

*Cuando llegué a la fila, en 1977, para elegir la carrera, el señor de la ventanilla me dijo: hay 5 carreras.... Y yo me sorprendí y le pregunté ¿cuáles?.... Ah, pues hay esta, esta, y esta... y yo jamás en mi vida había escuchado esas cosas y dije esta: Ingeniería química, esa quiero.... Y me inscribí en ingeniería química. Sin saber de qué se trataba. (INV.M.MEX.DBT.B.3.MEX).*

Este panorama cambió cuando los ahora investigadores ingresaron a la universidad, eligieron las IES con mayor tradición y visibilidad en el SES e iniciaron sus estudios de licenciatura.

A nivel cognitivo, los paradigmas en boga fueron cambiando para cada uno de los períodos de nuestro recorte y, también, para los grupos analizados. ¿Cuáles fueron estos cambios?

### **6.1.1. Las trayectorias formativas de los pioneros. Tras los polos de generación de conocimiento.**

La Biotecnología, como se vio en el capítulo anterior, era un campo que se estaba construyendo al final de los años 60's. La transición entre la Biotecnología tradicional a la Biotecnología moderna la vivieron precisamente los investigadores que forman parte del COLPOS-M y que, desde la licenciatura, pudieron participar en las experimentaciones de hibridación genética realizadas entre 1940 y 1970 por el ingeniero agrónomo estadounidense Norman Borlaug. Primero como recolectores de los granos para tener un acervo completo sobre las diferentes variedades del maíz; después, en la caracterización del germoplasma y, posteriormente, en la modificación de la planta. El resultado de este trabajo científico produjo la semilla genéticamente modificada: tallos cortos y granos resistentes a las plagas y con un alto nivel de productividad.

Esto les valió a los entonces estudiantes de la ENA (actual UACHap), entrar de lleno a la investigación en el campo de Biotecnología, por medio de la cruce de especies a nivel de cromosomas, iniciar el establecimiento de redes de colaboración y acceder a los estudios superiores por medio de las becas de la Fundación Rockefeller:

*Terminé la carrera de Agronomía en 1956, después de 7 años de estar encerrado en Chapingo, conseguí trabajo en la misma escuela, como ayudante de Fitotecnia con una maestra polaca. Allí aprendí las bases de la citogénesis. A fines del 59, la maestra me presentó al Dr. Edwin Wellhause, quien fuera después el director del CIMMYT. Este doctor me invitó a trabajar con él. Empecé en la recolección de maíz y a estudiar los cromosomas de las razas de maíz de América. Él me enseñó muchas cosas: a identificar los cromosomas, a polinizar las plantas. Después, en mayo del 61, me fui a hacer la maestría en Raleigh, a Carolina del Norte, con apoyo de la Fundación Rockefeller. (INV.M.MEX. COLPOS.C.3.USA).*

Para los investigadores que realizaron sus estudios de licenciatura en la UNAM, el CINVESTAV y el IPN antes de 1982 (el 26.67% de los entrevistados), sus estudios estaban asociados con disciplinas como la Medicina, la Ingeniería Química, la Ingeniería Bioquímica y la Biología. Tal fue el caso del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB) de la UNAM, que al

igual que el IPN y el CINVESTAV, fueron los espacios donde se llevaron a cabo las primeras experiencias en México en el campo de la Biotecnología.<sup>115</sup>

En la UNAM, varios de los profesores que formaban parte de la planta académica en ese entonces habían sido formados en el extranjero o provenían de otras latitudes:

*“Muchos de nuestros maestros eran españoles, exiliados en México, muy buenos profesores en genética como José Luis de la Loma y Oteyza Molina. (INV.M.MEX. COLPOS.C.3.USA).*

Sin embargo la falta de oferta de estudios de posgrado motivaron a los alumnos de estas grandes figuras a realizar estudios en el extranjero. Los destinos de elección fueron aquellos con los cuales sus profesores tenían una relación de larga data.

*Estudié en el IPN, en 1959 obtuve el grado de químico. En mi época no había doctorados en México, no había maestrías, solamente existían licenciaturas que además eran profesionales (INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.USA).*

En esta generación y en las subsecuentes, las redes, las revistas y los consejos de los profesores sirvieron como punto de partida para buscar otras instituciones y llevar a cabo su formación como investigadores.

Sin embargo, los consejos de los profesores y las alianzas con el extranjero no eran suficientes, para realizar estudios en países donde los costos del nivel de vida eran superiores al de México, también hacía falta el financiamiento. Para los investigadores que realizaron sus estudios de doctorado antes de 1984 la situación no era fácil, pues aún no se contaba con un sistema de becas plenamente institucionalizado, como lo menciona uno de los investigadores entrevistados:

*A fines de 1960, no había CONACYT, pero sí había una institución que se llamaba INIC. Fui allí por una beca, pero eran unas becas muy pobres, yo quería una beca mejor y fui con la Fundación Ford y la Fundación Rockefeller, y me dijeron que la ciencia no era prioridad, sino la Economía. Nosotros queremos formar dirigentes de la economía y de la política del país, no científicos. (INV.M.MEX.DBT.C.4.USA.POSD).*

---

<sup>115</sup> Un dato interesante al respecto es el hecho que en la dirección del IIB-UNAM estuvo a cargo del Dr. Soberón Acevedo, quien fuera rector del UNAM de 1973 a 1981 y posteriormente Secretario de Salud (1982-1988), Secretario ejecutivo de la Comisión Nacional para el Genoma Humano y Coordinador del Consejo Directivo del Consorcio Promotor del Instituto de Medicina Genómica, lo cual lo llevó a constituirse en una figura clave en el desarrollo de la Biotecnología moderna en México.

En el caso de aquellos que lograron obtener una beca para realizar estudios en el extranjero, el peso de la relación estrecha con los tomadores de decisiones fue fundamental.

*En ese tiempo no había becas de CONACYT, en el 65 las becas eran del INIC, eran becas para estudiar en el extranjero. Eran muy pocas becas. Las becas en ese entonces era muy pobres y el trato se hacía demasiado personal. Yo tuve suerte porque el doctor que se encargaba de otorgar las becas trabajaba en el laboratorio junto al mío. Fui a verlo y le pregunte cómo hacerle para obtener una beca. Así fue como le presenté los formatos y postulé y él fue quien me entrevistó y me dijo, que sí iba a tener la beca, y así llegué a Francia. (INV.M.MEX.FRA.CNRS. C.3.FRA)*

Las prioridades de las políticas de gobierno y las pocas oportunidades de obtener financiamiento explican en parte el motivo por el cual el 57% de los investigadores de esta primera etapa realizaron sus estudios en los programas de maestría que ofrecía México, y aquellos que salieron al extranjero fueron más bien apoyados por las instituciones donde trabajaban, como DGAPA en la UNAM o directamente por las instituciones, ministerios y fundaciones extranjeros.

De los entrevistados, a nivel doctorado, el 23% realizó sus estudios en México, principalmente en la facultad de Química de la UNAM o en el departamento de Bioquímica del CINVESTAV. Para aquellos que migraron a otros países para formarse como investigadores, los países de destino fueron: Estados Unidos (50%), Inglaterra, Francia y Bélgica para el 8.3% respectivamente. (Ver tabla 6.4 *infra*).

A pesar de que en ese momento no era recurrente llevar a cabo estudios de postdoctorado, tres de los investigadores de este bloque, todos ellos pioneros de los centros de investigación en Biotecnología en México, llevaron a cabo estudios de postdoctorado en diferentes instituciones de referencia en el campo: la Universidad de Pensilvania, la Universidad de San Francisco California y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Los dos primeros con financiamiento de la IES estadounidenses y el tercero con apoyo del Instituto Mexicano del Petróleo.

En la escala de reconocimiento del SNI, todos los investigadores de este primer grupo poseen el nivel 3 del SNI, y cuatro de ellos ostentan el mayor grado de reconocimiento otorgado por el SNI: profesor Emérito. Cabe

mentar que el promedio de edad de estos investigadores es de 65 años. En este grupo la presencia de las mujeres era prácticamente inexistente.

Además de la rápida evolución en el campo, los investigadores que estudiaron el doctorado en el período antes de la creación del SNI (1984), vivieron una época de transformación de la sociedad en su conjunto. En el plano cognitivo, los primeros que incursionaron en la Biotecnología fueron testigos de importantes cambios, como el nacimiento de la Biología molecular y la Ingeniería genética. A finales de los años 60 y principios de los años 70 se iniciaba ya en los grandes laboratorios los trabajos de experimentación que combinaban los conocimientos de la Química y la Ingeniería en el área de la Biología:

*....Yo vi que la ingeniería química se estaba aplicando en el área biológica,...Yo vi cómo que lo biológico venía, sin saber muy bien cómo, pero me di cuenta que algo estaba cambiando. Eso lo pude ver porque era estudiante del MIT y pude asistir al Segundo congreso mundial sobre proteína unicelular, y eso me fascinó. (INV.M.MEX.UAMC.C.3. GBR. POSD).*

Un elemento clave en el desarrollo del campo y posteriormente para el desarrollo de la Biotecnología en México fue que el hecho de que, precisamente un investigador mexicano participara en la modificación de los organismos a nivel molecular:

*Yo tuve la oportunidad de trabajar en el IIB-UNAM, allí hice mi doctorado, Desde la Licenciatura me interesé en la modificación genética de los organismos. En el doctorado hicimos los primeros experimentos de Ingeniería Genética y me di cuenta de que ese trabajo era realmente una contribución importante que iba a permitir la incorporación de material genético de un organismo a otros y también ayudaría a entender el funcionamiento del ADN. Como yo trabajaba en ese tiempo en la UNAM tuve que convencer al director del Instituto y al Rector de la importancia de hacer un estudio postdoctoral con el Doctor Boyer que trabajaba sobre ese tema. Lo conocí en un simposio y le hablé de mi trabajo. Le interesó y me invitó a realizar una estancia postdoctoral. En la UNAM me dieron el apoyo y trabajé allá dos años y medio, en San Francisco, de ahí salió la patente de la Insulina. (INV.M.MEX.IBT.C.4.MEX. POSD).*

Otro elemento importante, que habla también del reconocimiento que se hace desde el exterior a los conocimientos generados en México es el hecho de que los alumnos de nivel licenciatura de la UNAM fueran invitados a realizar trabajo de investigación en las universidades punteras de Estados Unidos. Tal es el

caso de Alejandro Alagón, del IBT-UNAM, quien tuvo la oportunidad de trabajar, desde temprana edad, en temas de frontera, codo a codo con investigadores que obtuvieron el premio Nobel:

*En la licenciatura conocí al que fuera mi tutor y ahora es mi colega, me dijo: Aquí tengo 5 gramos de un veneno que me traje de Brasil, ayúdame a caracterizar las toxinas, y si purificas una toxina te mando a la Universidad de Rockefeller. Seis meses después estaba allí. Fue muy impresionante llegar a esa universidad, porque conocí a investigadores brillantes que habían ganado el premio Nobel. En ese entonces esa universidad tenía 22 premios Nobel, uno más que en Harvard. Yo nunca había tenido la oportunidad de salir de México, allí me ayudaron con el alojamiento y con 70 dólares por mes, la UNAM con mi salario de ayudante el equivalente a 230 dólares, y mi abuelo me dio 230 dólares más. Yo tenía 21 años. (INV.M.MEX.IBT.C.3. MEX).*

Los trabajos de este investigador, que iniciaron a nivel de la licenciatura y continuaron en la maestría y el doctorado en México, aportaron a la UNAM la mayor cantidad de dinero recibida en esta universidad, por una patente en el área de Biotecnología.<sup>116</sup> A este respecto, este investigador mencionó lo siguiente:

*Negociar la venta de una patente no es una cosa fácil. El asunto de la patente del antiveneno inició cuando la farmacéutica no quiso darle un precio justo a la UNAM. Así empezó el litigio fuerte, en la prensa me ayudó un amigo, el editor de la revista más importante de biotecnología (Nature Biotechnology), publicando un artículo sobre la mala fe de la farmacéutica. Después vinieron los abogados. La primera oferta era de 200 mil dólares, lo cual me enojó mucho, golpee la mesa y empezaron las discusiones fuertes. Al final obtuvimos lo que queríamos: 1.7 millones de dólares. Este laboratorio se pagó con ese dinero. (Alagón IBT-UNAM).*

#### *Elección del lugar de formación*

¿Por qué elegir un país o un lugar de formación cuando se tiene tan poca información? La elección del polo de formación, como lo mencionaron prácticamente el total de los entrevistados de esta primera generación, estuvo vinculada al consejo y a las redes del tutor, al acercamiento con investigadores extranjeros en los congresos, a las revistas de ciencia que circulaban en ese

---

<sup>116</sup> Alejandro Alagón, desarrolló un sistema de purificación de sueros con anticuerpos, llamado “faboterapia”, tema que considerado como uno de los éxitos de la Biotecnología en México. Alagón también caracterizó, clonó y expresó el gene de un factor anticoagulante de un vampiro (*Desmodus rotundus*) como coadyuvante para la prevención de coágulos o trombos. Esto fue realizado en colaboración con la empresa Schering (Kratzschmar et al., 1991) y dio lugar a la patente (Baldus et al., 1999). Por todos estos trabajos, Alejandro Alagón fue merecedor del Premio de Ciencias y Artes en el campo de Tecnología y Diseño en 2006. Datos tomados, en noviembre 2012 en el sitio: <http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/BIOTECNOLOGIA.html>.



entonces, y sobre todo, a las oportunidades de obtención de una beca de las instituciones extranjeras, así como a cuestiones culturales.

Inglaterra fue el destino de formación de uno de los investigadores de este grupo (8.3%). Probablemente decidieron explorar nuevas fronteras empujados por cuestiones de orden disciplinario o presupuestal. El siguiente relato ejemplifica cómo la línea de investigación puede convertirse en razón fundamental para buscar nuevas alternativas de formación:

*Al término de la maestría le propuse a mi asesor trabajar en un tema que había visto en un congreso, y en el MIT me dijeron que no había dinero para ese proyecto. Entonces, me puse a buscar y a escribir a varios investigadores y me contestó un profesor de Manchester. Me fui para allá a trabajar en un tema nuevo. (INV.M.MEX.UAMC.C.3. GBR. POSD).*

El caso de la elección de Bélgica como país de formación a nivel doctorado, es un ejemplo para mostrar que los trabajos de avanzada que han hecho los investigadores europeos desde varias décadas (Vessuri, 1994), para darse a conocer en países periféricos han servido como estrategia para establecer redes y captar nuevos talentos:

*Yo estudiaba la maestría en Biología Molecular, pero no tenía la más remota idea de donde continuar mis estudios. En ese entonces vino un investigador de Bélgica a dar un seminario, El tema me fascinó: la transferencia de genes en plantas. Y me dije: eso quiero hacer. Al final de la conferencia lo busqué y con mi poco inglés le dije: profesor quiero ir con usted a hacer mi doctorado. En nuestro laboratorio sólo aceptamos extranjeros que vienen a hacer posdoc. No doctorado. Pero, si traes una buena carta de recomendación te acepto y fui aceptado. No sabía dónde estaba ese país, ni que idioma hablaban, ni donde estaba el laboratorio, sólo conocía al Dr. de la conferencia. Ya estando allí me di cuenta de que ese laboratorio tenía vínculos con el Max Planck una institución puntera en el tema de la Biología Molecular y eso me ayudó a sobresalir en el campo. (INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.BEL).*

Los trabajos realizados por este investigador, fundador del colectivo del CINVESTAV-I, en el área de Biología molecular con plantas constituyeron un avance significativo para el campo y, posteriormente, para el desarrollo de la Biotecnología en México. A nivel internacional el trabajo realizado por este investigador recibió el mayor premio otorgado por la Academia de Ciencias de Nueva York, *Minouri and Ethel Tsutsui*, por la mejor tesis de doctorado en Biología en 1984.

En el caso de la elección de Francia, los temas de investigación y las cuestiones culturales resultaron los factores de atracción para estudiar en este país.

*En ese tiempo, en 1965, no había maestría en México, y yo siempre quería hacer investigación y un doctorado en el extranjero. Y mi decisión era muy clara. No quiera estudiar en los Estados Unidos, porque yo odiaba los Estados Unidos, era una cuestión de cultura, yo me sentía más cercano a Francia y desde el segundo año de la carrera empecé a estudiar francés porque yo quería ir a Francia. (INV.M.MEX.FRA.CNRS. C.3.FRA).*

En el caso de Estados Unidos, para los agrónomos, los convenios establecidos entre los gobiernos, influyeron en que este país fuera el primer destino de formación de los investigadores relacionados con el agro:

*En 1943 Estados Unidos estaba en plena Segunda Guerra Mundial y tenía problemas de semillas. Entonces le pidió a México apoyo solicitándoles que le produjeran maíz y trigo en tierras mexicanas. En ese tiempo estaba de Secretario de agricultura una persona que fue muy reconocida, el Ing. Marte Gómez, él les dijo: bueno a mí me parece muy poco lo que están ofreciendo, les pediría que si realmente tienen interés, que nos den apoyo primero haciendo investigación agrícola en los cultivos básicos de México( ...) y la otra, que nos dieran becas para que nuestros profesionistas vayan a hacer maestrías y doctorados en las diferentes universidades de los Estados Unidos. De esta manera, los agrónomos mexicanos empezamos a ir a estudiar a ese país. (INV.M.MEX.COLPOS.C.3.USA).*

¿Elección propia o fue parte de los elegidos? Un elemento recurrente en las respuestas de los entrevistados es el hecho de que si bien la decisión de realizar estudios de posgrado (maestría o doctorado) había sido una elección propia, el 89% declaró que eran los maestros o tutores quienes -a manera de comentario- seleccionan a los alumnos, que por sus competencias o características personales, pueden ser considerados candidatos para realizar estudios de posgrado.

De acuerdo con las respuestas obtenidas la selección de los tutores se realiza cuando un alumno es invitado a ser asistente de investigación (78% del total de los entrevistados fue asistente de investigación), y la otra es cuando existe la opinión expresa del profesor para que el alumno continúe con sus estudios de posgrado con alguno de sus colegas (56% recibió este tipo de comentarios).

Ambas maneras de selección de los alumnos por parte del tutor equivale a la aceptación del aprendiz para formar parte del gremio disciplinario.

En todos los casos, los conocimientos adquiridos en el extranjero fueron a base para la construcción de los colectivos de investigación en el campo de la Biotecnología en México. Esto se puede observar tanto en los países productores de conocimiento donde se formaron y la calificación que poseen los pioneros entrevistados de estos colectivos de investigación como se observa en la tabla siguiente:

Tabla 6.4 Trayectorias formativas, calificación en el SNI y adscripción de los investigadores entrevistados de Biotecnología (Primer período: antes de 1984).

Licenciatura	Maestría	Doctorado	País Doctorado	SNI	Genero	IES
Química	Química	Bioquímica	MEX	3	M	IBT-UNAM
Medicina	Biomedicina	Bioquímica	MEX	Emérito	M	IBT-UNAM
Biomedicina	Biología	Biomedicina	MEX	Emérito	M	IBT-UNAM
Biología	Biología experimental	Biología molecular	USA	Emérito	M	CINVESTAV-I
Química	Microbiología	Microbiología	USA	Emérito	M	CINVESTAV-I
Biología	Biología molecular	Biología molecular	BEL	3	M	CINVESTAV-I
Química	Química	Bioquímica	GBR	3	M	CINVESTAV-I
Agronomía	Agronomía	Fitotecnia	USA	3	M	COLPOS-M
Agronomía	Agronomía	Fitotecnia	USA	3	M	COLPOS-M
Agronomía	Agronomía	Fitotecnia	USA	Emérito	M	COLPOS-M
Medicina	Bioquímica	Biofísica	USA	Emérito	M	DBT-UAMI
Química	Alimentos	Bioquímica	FRA	3	M	DBT-UAMI
Química	Bioquímica	Bioquímica	GBR	3	M	DBT UAMC

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CVU de los investigadores entrevistados.

Como lo muestra análisis de los CVU de los investigadores entrevistados de esta primera etapa se puede apreciar que:

- La creación de la Biotecnología está a cargo de investigadores que realizaron sus estudios de licenciatura en áreas de larga data y consolidación en México.
- A excepción de los investigadores del IBT UNAM, existe una mayor presencia de países anglófonos como polos de formación en el campo de la Biotecnología.
- El 50% de los investigadores están en el estadio mayor de la carrera científica, con el grado de Investigador Emérito.

### **6.1.2 Las trayectorias profesionales de los pioneros: el regreso a la Academia y a los puestos de gestión de los primeros biotecnólogos.**

Al regreso de estos investigadores su inserción laboral estaba asegurada en la institución donde habían estudiado, pues el 90 % de ellos ya contaba con una plaza y el resto tenía un ofrecimiento de trabajo: “....ve y si haces un buen doctorado, regresas a trabajar al CINVESTAV. Me fui, me fue muy bien y regresé a fundar un instituto.” (INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.BEL.). A decir de todos los entrevistados el regreso a México constituía una obligación moral para con sus connacionales, con sus profesores, con sus familiares y con el desarrollo de la ciencia en México.

En todos los casos, al regreso a México, se abrieron no solamente nuevas líneas de investigación sino también nuevos espacios institucionales para llevar a cabo el quehacer científico. En efecto en los años 70 se inició la restructuración del COLPOS, la creación de la UAM y la descentralización de los centros de investigación en el interior de la República. Así nacieron la unidad Irapuato del CINVESTAV y el IBT en Morelos.

El inicio de las trayectorias de los investigadores de este período estuvo lleno no solamente de nuevos conocimientos, sino de cal, arena, pintura fresca y negociaciones para instalar los nuevos laboratorios. Con la ayuda de los colegas investigadores y los alumnos se llevó a cabo la instalación de los primeros laboratorios:

*Es emocionante ver un laboratorio de investigación desde cero. Cuando inició el CINVESTAV, estábamos en una casita, teníamos un teletipo, no teníamos Internet. Entonces veníamos a ver la construcción y como éramos jóvenes veníamos en bicicleta, nos correteaban los perros, era muy divertido. No había nada, los laboratorios sin piso, nos tocó barnizar las paredes, comprar e instalar el equipo ¡Todo! (INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.MEX).*

También, en la puesta en marcha de los laboratorios el apoyo de los antiguos profesores, ahora en puestos de gestión a nivel gubernamental fue decisivo para poner en funcionamiento los centros de investigación.

*Decidí regresar a México, aunque tenía ofertas de trabajo porque tenía compromiso con la UNAM y con México. Este país acogió a mi familia durante la guerra civil española. Soy mexicano. También decidí regresar porque había la propuesta por parte del rector de la UNAM, de hacer un centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. Lamentablemente por la*

*crisis económica no se pudo implementar, pero finalmente el rector consiguió un puesto importante en la Presidencia de la República y creó el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología en el 82, que después se transformó en el IBT.(INV.M.MEX.IBT.C.3.MEX. POSD).*

La coyuntura de expansión del SES y en particular de la UNAM y el CINVESTAV fue aprovechada para la instalación del IBT de la UNAM a 65 kilómetros de la Ciudad de México, en un terreno de 25,000 m<sup>2</sup> que la Universidad Autónoma del Estado de Morelos cedió en comodato a la UNAM. Esta estrategia trajo tanto ventajas como desventajas. Por un lado el IBT capta a los estudiantes de posgrado de la región, pero por otro lado la limitación de espacio, evita hoy en día, el crecimiento del instituto.

Esto no sucedió en el caso de la unidad de Irapuato del CINVESTAV, la cual fue construida en un terreno donado por el Gobierno del Estado de Guanajuato, con el apoyo de autoridades en el área de educación, de la política y los comuneros de la región.

*A mi regreso el subsecretario del CINVESTAV llegó a ser subsecretario de la SEP y le dije que yo me regresaba a México y que necesitaba 5 millones de dólares para equipar el departamento y me los dio. El dinero restante los busqué en otras instancias. (INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.BEL).*

En el caso del COLPOS (fundado en 1959), los egresados ocuparon puestos de gestión en el gobierno y también en el ámbito académico, básicamente porque en ese entonces la investigación estaba a cargo de los científicos estadounidenses que estaban trabajando con Norman Borlaug en la OEE, y no había personal capacitado para impartir cursos a nivel posgrado en la ENA.

*En 1958 salí de Chapingo y me invitaron a entrar al COLPOS como estudiante en febrero del 59. Aún no había terminado la tesis, pero me convencieron tanto que me vine. Me tocó ser los primeros estudiantes del colegio en 1959, en total fuimos 13 estudiantes. Cuando ya terminé mi maestría me mandaron a la Universidad de Carolina del Norte.(...). Terminé mi doctorado en 1968 en junio y me regresé a México con mi doctorado pero yo no sabía que me habían nombrado profesor investigador del colegio. Entonces cuando yo llegué ya tenía trabajo, y desde julio de 1968 sigo siendo de esta institución, (INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.USA).*

En efecto, de acuerdo con los datos aportados por los entrevistados se sabe que la Ley de enseñanza agrícola superior de 1946 había establecido la fundación de un colegio de posgraduados en México donde los jóvenes pudieran hacer estudios de posgrado, maestrías y doctorados en todas las áreas de la agronomía. Esta disposición se cumplió 13 años después, en 1959, cuando se fundó el COLPOS cuya misión era formar maestros y doctorados en las ciencias agrícolas.

Tabla 6.5. Línea de Investigación de los científicos entrevistados. Primer período: antes de 1984.

Colectivo	Líneas de investigación	Aplicaciones
IBT UNAM	Ingeniería Celular y Bio catálisis Genética del Desarrollo y Fisiología Molecular Medicina Molecular y Bioprocesos	Agro Alimentos Farmacia y Medicina
CINVESTAV I	Secuenciación de genomas de plantas y micro organismos. Bases moleculares de la diferenciación y morfogénesis de los hongos	Producción Agrícola y fertilizantes biológicos
COLPOS M	Cito genética	Agricultura
DBT UAMI	Fermentación Sólida y Biología Molecular	Aplicación de Bioprocesos en la industria y producción de alimentación y bio remediación

Fuente: Elaboración Propia.

En el caso del DBT de la UAMI, *“el departamento de Biotecnología se funda con gente que venía huyendo de la UNAM y del IPN, todavía con resquemores del movimiento del 68. La UAM se crea en ese momento como una alternativa para aquellos que no quieren estudiar en instituciones como la UNAM o el IPN.”* (INV.M.MEX.DBT.B.3.MEX). En esta institución existían las instalaciones pero no los equipos, para ello fue necesario establecer alianzas con organismos internacionales, elaborar proyectos para concursar por financiamiento, compartir el equipo y hacer proyectos conjuntos. Primero porque el personal de tiempo completo no era numeroso y luego porque el material con que se contaba era insuficiente para llevar a cabo el trabajo de investigación, de ahí la importancia que tuvo para el DBT-UAMI el establecimiento de redes de colaboración internacionales.

De acuerdo a las líneas de investigación de cada uno de los pioneros de estos grupos se observa una delimitación tanto en el tratamiento del objeto de

estudio (Tabla 6.5), como en los nichos de aplicación del conocimiento generado. A decir de uno de los investigadores de este grupo a este respecto: “*En la construcción de la ciencia hay de fronteras a fronteras. La gran diferencia en Biotecnología no son los conocimientos, ni las técnicas, porque eso se aprende en los lugares adecuados, la diferencia se hace en los lugares donde se trabaja: todo depende del equipo y los dineros que se tienen para llevar a cabo los experimentos, lo que va a marcar la diferencia entre las fronteras de la ciencia*” (INV.M.MEX.DBT.C.3.FRA). Para dar un ejemplo de lo anterior, baste decir que si bien que muchos de los reactivos, equipos e insumos necesarios para llevar a cabo los experimentos de Biología molecular son importados, lo que genera un incremento en los costos de producción de la ciencia que no todos los colectivos pueden hacer frente.

### **6.1.3 Los pioneros: Tejiendo las redes de colaboración**

¿Cuáles son las redes de colaboración que tejieron los investigadores para difundir los conocimientos generados?

Antes de que existieran las bases de datos para medir el número de publicaciones arbitradas, indexadas y citadas, los investigadores relacionados con la Biotecnología publicaban sus trabajos en coautoría con sus tutores de doctorado y no se tiene registro estadístico de ello. En el caso de los investigadores del COLPOS-M, una o dos publicaciones forman parte de su CVU.<sup>117</sup> En el caso de los investigadores fundadores del IBT-UNAM, CINVESTAV-I y del DBT-UAMI, las publicaciones científicas están acompañadas del registro de patentes, de premios y reconocimientos en su etapa formativa a nivel doctorado.

Por ejemplo, en el caso de Gustavo Viniegra, fundador del DBT-UAMI, se conoce su aporte en el campo porque, en 1972, patentó el primer producto biotecnológico: el *Blofermel*.<sup>118</sup> De los trabajos de Francisco Bolívar Zapata,<sup>119</sup>

---

<sup>117</sup> Me refiero a los investigadores que obtuvieron el grado de doctorado entre 1968 y 1975, de los profesores en activo en COLPOS en 2012.

<sup>118</sup> El reconocimiento de su labor en el campo por sus pares lo ha hecho acreedor a varios premios y distinciones, por ejemplo, en 1982, Gustavo Viniegra impulsó la creación de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería. De 1982 a 1990, es miembro de la Junta Directiva de la UAM. En 1985, obtuvo el Premio Nacional al Mérito en Ciencia y Tecnología y también es admitido en la Academia Mexicana de Ciencias. En 1995, es Profesor Distinguido por acuerdo del Colegio Académico de la UAM. En abril de 2001, es nombrado doctor *honoris*

fundador del IBT-UNAM, fueron la base para la creación de la insulina en 1977 y Luis Herrera Estrella, fundador del CINVESTAV-I, fue el investigador que antes que el grupo de Monsanto, publicó y patentó sus trabajos sobre Biología molecular aplicada a las plantas en 1984.<sup>120</sup> En el caso de los investigadores pioneros en el COLPOS-M, los puestos de gestión en etapa temprana dentro y fuera de la académica fueron una manera de la visibilidad de los estudios realizados en el extranjero.

En todos los casos la relación de los investigadores mexicanos con los centros de producción de conocimiento, con equipo, insumos y medios para llevar a cabo la difusión de los conocimientos a través de la participación en congresos, foros y seminarios fue una plataforma para estar en la frontera del conocimiento.

---

*causa* de la Universidad Aix-en-Provence (Marsella, Francia). En enero de 2002, es nombrado Investigador Nacional Emérito. En 2002 es representante del área de Ingeniería y Tecnología del Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología y también se le admitió a la Orden de las Palmas Académicas de Francia. (Datos tomados en noviembre 2013, de [cbs.izt.uam.mx/docencia/.../SemblanzaGustavoViniegraGonzalez.pdf](http://cbs.izt.uam.mx/docencia/.../SemblanzaGustavoViniegraGonzalez.pdf).)

<sup>119</sup> Francisco Bolívar fue parte del grupo de investigadores que en 1979 en San Francisco, EUA, crean la insulina, medicamento de gran demanda. Su trabajo científico tiene más de 200 publicaciones en revistas y libros, las cuales –hasta 2012– han sido citadas más de 12,000 veces en la literatura mundial. Ha escrito y editado libros de divulgación para dar a conocer la línea de investigación donde trabaja. Ha sido miembro de instituciones de referencia en el campo científico que lo han llevado a ser reconocido por el ámbito político. Por ejemplo, es miembro de Colegio Nacional, ha sido presidente de la Academia Mexicana de la Ciencia y por invitación de la Presidencia de la República, participó conjuntamente con el CONACYT y el Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República (CCC), en la elaboración de la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica la cual fue aprobada por el Congreso de la Unión en 1999. Participó en la Iniciativa para la Creación de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (OGMs), la cual fue creada por acuerdo Presidencial en 1999. Como coordinador del Comité de Biotecnología de la AMC, participó en la elaboración de la Ley de Bioseguridad de OGMs, la cual fue aprobada por el Congreso Mexicano en febrero 2005. También ha realizado numerosas intervenciones ante el Congreso de la Unión y ante la Presidencia de la República, en defensa y promoción de la ciencia, de la tecnología, de la universidad y de la Biotecnología Moderna. (Datos tomados de <http://www.franciscobolivar.com/> noviembre 2013).

<sup>120</sup> En 1984, el Dr. Luis Herrera Estrella, recibió un reconocimiento bianual que otorga la Academia de Ciencias de Nueva York a la mejor tesis de doctorado a nivel internacional por sus investigaciones sobre las plantas modificadas por ingeniería genética. En el campo científico esta contribución es considerada como piedra angular en el desarrollo de la Biología molecular y la Biotecnología de plantas. En términos numéricos –hasta 2012– el impacto de su trabajo científico se ve reflejado en más de 4,500 citas que han recibido sus publicaciones, 7 patentes internacionales, 23 premios a nivel nacional como internacional. Dentro de los que destacan la Medalla de Oro de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Actualmente trabaja en la secuenciación del genoma del maíz palomero, del genoma del aguacate y en la secuenciación del genoma del oso polar. Ha desarrollado plantas transgénicas con nuevas características que reducen hasta el 50% el uso de fertilizantes. (Datos tomados de la semblanza sobre el Dr. Luis Herrera Estrella en [www.inmegen.gob.mx/tema/cms\\_page\\_media/786/drherrera.pdf](http://www.inmegen.gob.mx/tema/cms_page_media/786/drherrera.pdf). Noviembre 2013)



Las redes de colaboración científica que se tejieron en este primer período también se remiten a la creación de asociaciones como la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería en 1982, que reagrupó, a iniciativa del grupo de la UAMI, a los investigadores de la República Mexicana que estaban realizando trabajos relacionado con la Biotecnología, la formación de cuadros y también a la divulgación de los hallazgos científicos.

Como lo mencioné anteriormente, en el caso de los investigadores de la UAMI, la falta de financiamiento para poner en marcha los laboratorios, llevó a los investigadores a establecer redes de colaboración con científicos extranjeros con los cuales no habían tenido relación durante su etapa formativa ¿Cómo? En cuanto a los espacios de encuentro que se dan entre los pares académicos a través de los congresos y los foros internacionales (como se ha mostrado en los trabajos de Lomnitz ,2009) los investigadores de esta primera generación establecieron vínculos de colaboración con investigadores extranjeros de la OEA y con la Comunidad Europea. Los puntos de encuentro de estas redes fueron los temas de investigación y las características científico políticas de la aplicación de los resultados: aplicar los conocimientos generados de la Biotecnología para solucionar temas locales y evitar la dependencia tanto de insumos como de tecnología *de los centros hegemónicos del poder*, de ese entonces.

*Yo estaba en contra de la corriente que dio lugar a la genómica. Yo fui fundador de esa corriente pero era hereje porque el director del instituto donde trabajaba antes de entrar a la UAM, quería trabajar sólo en Biología molecular, porque eso era lo que él sabía hacer. Y yo quería fermentación sin Biología molecular y quería más ingeniería, porque era también lo que yo sabía hacer y porque pensaba que era más práctico, y más libre y no dependeríamos de nadie. (INV.M.MEX.DBT.C.3.USA.POSD).*

En el caso de los proyectos con la OEA y el DBT- UAMI, el objetivo de la red fue reagrupar a investigadores relacionados con la Biotecnología (principalmente de América Latina y el Caribe) para realizar proyectos de investigación en temas puntuales. En el caso concreto de México, los proyectos financiados por la OEA se utilizaron con los pequeños productores de azúcar.

*Desde 1974 ya se veía que la industria azucarera se venía a pique y nuestra idea era darle valor agregado a los productos derivados del azúcar para que esto no sucediera. Por eso nos metimos con los trapicheros que son los campesinos que tienen sus pequeños molinos para hacerlos más competitivos. Eso fue muy interesante. Utilizamos los conocimientos de la Microbiología en la fermentación de la caña de azúcar. Utilizábamos todo, por un lado producíamos jarabe de azúcar, para que los trapicheros obtuvieran dinero al venderlo y por otro lado, el material restante los utilizábamos para alimentar al ganado, con lo cual se evitaba la compra de semilla para su alimentación. Con esta idea, hicimos un trapiche en una escuela para que los trapicheros aprendieran a manejar la técnica de la fermentación. (INV.M.MEX.DBT.D.3.MEX).*

El producto de estas redes de colaboración fue la difusión de los conocimientos en foros locales y regionales, con pares disciplinarios, sobre el uso de la Microbiología y, también el establecimiento de una red de investigadores a nivel de América Latina, en la cual los investigadores del DBT-UAMI, empezaron a ser punto de referencia desde finales de los años 70's.

La red de colaboración entre la comunidad Europea y el DBT-UAMI, inició en 1980 con el antecesor del IRD, el ORSTOM.<sup>121</sup> En un esquema de trabajo colaborativo horizontal los investigadores franceses migraron a las instalaciones del DBT-UAMI, para compartir ideales, recursos económicos,<sup>122</sup> formar alumnos (franceses y mexicanos) y participar en proyectos de investigación en la comunidad europea.<sup>123</sup>

*El trabajo con el IRD fue diferente: ellos traían sus recursos y los compartían, se compraba equipo entre varios, escribíamos juntos*

---

<sup>121</sup> ORSTOM: Office de la Recherche Scientifique et Technique d' Outre-Mer. Este organismo estuvo en función de 1960 a 1983. Más adelante tomó el nombre de IRD. Dentro de sus objetivos se encuentran: impulsar el trabajo colaborativo entre los países, la realización de investigación científica y tecnológica para contribuir de manera durable con el desarrollo económico, social y cultural de los países en desarrollo. (Datos tomados de <http://www.ird.fr/l-ird/historique>, noviembre 2013).

<sup>122</sup> Para dar un ejemplo de lo anterior retomo esta cita de un investigador francés: "No teníamos muchas cosas, creo que alguien tenía niños y nos ayudaban con los frasquitos de Gerber, para las cepas del laboratorio, nos traían bolsas y bolsas de frasquitos para trabajar. Después un amigo investigador de la UNAM, tenía proyectos con PEMEX y tenía bastante dinero y compraba por miles los pequeños frasquitos. El ponía el agua del mar, aislaba sus microbios y luego los tiraba. Y en un momento me los regaló y entonces ya la UAMI pudo tener un tesoro: 2000 o 3000 frascos para poner las cepas. Y es así que empezamos un CEPARIO de hongos filamentosos y por eso la UAM tiene ahora uno de los mejores CEPARIOS de México (INV.M.FRA.MONTPELIER, C.3.FRA).

<sup>123</sup> Nosotros pusimos el primer proyecto de investigación en la comunidad europea de la historia del país. Ahora hay muchos más. Para hacer esto, me ayudó mucho mi colega francés, que sabía mucho de cómo se movían los hilos. Eso nos permitió desde 1981 hasta finales de los 90's formar una masa crítica de fermentación sólida, e identificamos que en este tema pionero en el mundo. De ese entonces se gestaron los primeros artículos que nos dieron fama y reputación internacional. (INV.M.MEX.DBT.C.3.USA.POSD).

*proyectos para CONACYT, formábamos alumnos de ambos países, había becas. La comunidad europea veía bien que alguien de México pedía dinero y que además estuviera trabajando con Francia. Otro factor importante fue el haber hecho a mediados de los 80's el posgrado en Biotecnología, porque entonces ya no dependíamos de maestrías externas o de la UNAM. Por eso ahora el área de Microbiología es muy fuerte.*<sup>124</sup> (INV.M.MEX.DBT.C.3.MEX).

Los rasgos particulares de las líneas de investigación del DBT-UAMI en esta primera etapa son técnicas biotecnológicas de bajo costo, los insumos son orgánicos (coco, café, lirio acuático, etc.). Parte de las herramientas de trabajo ha sido manufacturada por los propios investigadores, la aplicación del trabajo de investigación se relaciona con procesos sustentables o de bio-remediación. De ahí que los espacios y las redes de colaboración estén relacionados con los investigadores que trabajan en estos ámbitos (universidades con fondos públicos) y con instituciones o consorcios (nacionales e internacionales) donde el tema del medio ambiente es prioritario. En el caso de los espacios donde el trabajo de los investigadores del DBT-UAMI encuentra mayor resonancia son los organismos paraestatales (PEMEX, por ejemplo), los gobiernos estatales y municipales, donde los temas de bio-remediación son valorados. Sin embargo esta visibilidad depende de las tendencias socio-político- económica de los gobiernos en cuestión por incluir en sus agendas de gobierno la solución de problemas ambientales.

En el caso del IBT-UNAM, las alianzas establecidas con la élite política en educación y el grupo de investigadores de San Francisco ayudaron a

---

<sup>124</sup> Hasta 2012, las líneas de investigación del área Microbiología del DBT UAMI: son 1) Bioprocesos fermentativos y enzimológicos en medio sólido. 2) Metabolitos secundarios y mejoramiento genético de 3) Estudios microbiológicos, fisiológicos y de bioingeniería de consorcios microbianos para tratamiento de aguas residuales 4) Desarrollo productivo sustentable. (Datos tomados de <http://cbs.izt.uam.mx/>. Noviembre 2013).

establecer una red de investigación empresarial sólida con el sector médico y farmacéutico. En 1979 Francisco Bolívar Zapata participa en la creación de la primera compañía de Ingeniería Genética a nivel mundial (*Genentech*, Inc). En 1981, creó la compañía Genin, SA de CV para la producción de penicilina. Más adelante, los trabajos de investigación encontraron su aplicación en la compañía mexicana *Probiomed*, S.A. de C.V., en la producción de insulina humana.

Este tipo de relación laboratorio-empresa es replicado por el total de los investigadores entrevistados de este colectivo (Eméritos y nivel 3). Esta situación coloca a los investigadores del Instituto en una dinámica de alta competencia a nivel internacional, por los insumos, la adquisición de equipos de punta y el financiamiento externo.

Caso similar, es el del CINVESTAV-I, cuyas líneas de investigación en la modificación celular de las plantas, son tema de investigación de los grandes consorcios privados, por lo cual las redes de colaboración y las líneas de investigación de este colectivo incursionan en nichos no trabajados, para evitar la competencia por la priorización de los descubrimientos con colectivos de investigación y compañías internacionales.

*Creo que si se puede hacer investigación en México competitiva si eres creativo. Para buscar temas nuevos, es más difícil si tú te quieres meter en la cola de la competencia. Entonces busco incursionar en temas que no se han investigado. Las ventajas son muchas: te das más a conocer, te citan más cuando empiezas a trabajar en una nueva línea. Por el contrario en las grandes empresas, esto no se puede hacer. Por ejemplo, ahora Monsanto se mueve muy lento tiene todo el dinero del mundo pero es muy complicado generar cosas nuevas (...). Mientras que aquí, en un pequeño laboratorio puedes dar giros intrépidos y creativos. De esa manera si se pueden hacer cosas importantes.(INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.BEL).*

Usando la experiencia en Biología Molecular e Ingeniería genética, el grupo de investigadores del CINVESTAV-I está desarrollando una metodología para la transformación genética de productos agrícolas como: tomatillo, papaya, maíz criollo y espárrago, de gran importancia para Latinoamérica. También ha realizado trabajos pioneros sobre la adecuación molecular de las plantas para su adecuación a climas adversos como la sequía y la baja concentración de nutrientes en el suelo.

#### **6.1.4 Las trayectorias formativas de los herederos: Construyendo nuevos polos**

¿De qué manera influyeron las estrategias de gobierno en CyT en la elección del lugar de formación de los investigadores de Biotecnología en el período comprendido entre 1985 a 1996? De acuerdo con el análisis de la entrevistas de los investigadores que realizaron sus estudios de doctorado en este período, las condiciones fueron distintas: la oferta educativa estaba en expansión, el CONACYT empezaba a ofrecer apoyo para la formación de cuadros en el extranjero y, en el caso de la Biotecnología, los hallazgos generados por los investigadores mexicanos empezaron a ejercer un imán para los investigadores de esta generación.

En efecto, los trabajos realizados en el extranjero por los investigadores mexicanos, en particular de Francisco Bolívar, resultaron ser un imán de atracción para los investigadores mexicanos.

*Ya tenía claro que quería seguir trabajando en la investigación. Y tuve la suerte de que, en ese momento, estaba regresando a México el doctor Bolívar Zapata fue prácticamente el padre de la Biología Genética. Regresa a México, nos da clases de genética, Me fascinó. El área era nuevita. En la facultad de Química de la UNAM, hablé con él para que me aceptara en la maestría en el Instituto de investigaciones de Biomédicas y fui de los primeros miembros de su equipo. Éramos un grupo de seis personas. (INV.M.MEX.CINVESTAV.B.3.MEX).*

La contribución de los trabajos generados por los investigadores que fundaron los colectivos de investigación en el área de Biotecnología fue importante para la conformación de este campo en México. Para dar un ejemplo de lo anterior, baste recordar que del total de la planta académica que forma parte del IBT-UNAM, el 69.33% realizó sus estudios de maestría en esta institución. A nivel doctorado, del total de los investigadores que forman parte de la planta docente el 75% se formó en IES mexicanas a nivel maestría y a nivel doctorado el 53% lo cual muestra el resultado de los programas gubernamentales para elevar la calidad en los posgrados con el PNPC.

Sin embargo, en este período (entre 1985-1996) el apoyo financiero del gobierno mexicano para la realización de estudios en el extranjero no fue muy

consistente, ya que a decir de los investigadores mexicanos, las becas eran muy limitadas, el monto muy pobre, el modelo de beca crédito del CONACYT era muy rígido y además la crisis financiera del país (1982-1983) desalentaba a los estudiantes a solicitar las becas del CONACYT y a buscar nuevas alternativas de apoyo.

*En 1982, cuando ya tenía la beca de la UANL y la del CONACYT, con documento firmado y todo, las dos instituciones se echaron para atrás y no me dieron nada de apoyo. Por eso tuve que trabajar en la universidad de California, para poder costearme mis estudios trabajando como profesor asistente durante los 4 años. Eso fue un problema porque teóricamente la universidad no debería de haber aceptado un estudiante sin beca, pero al final me fue bien. De hecho esta universidad es el lugar donde el control biológico de insectos se hizo una ciencia, (...). Académicamente, también me fue muy bien me dieron, en la universidad, un premio importante por mi trabajo de investigación. Y ya con eso me regresé a México. (INV.M.MEX.CINVESTAV.B.3.USA).*

¿Qué factores influyeron en la elección de un lugar de formación en el extranjero de los investigadores que se formaron entre 1985 y 1996? A decir del 37% de los investigadores entrevistados de este período seguir la huella de los pioneros fue uno de sus objetivos al elegir un polo de formación. En esta elección no solamente se consideró estudiar en el país de formación de sus mentores (Estados Unidos, Francia o Inglaterra) sino también abrir el abanico de posibilidades, aprovechar las políticas de atracción de talentos de otros países y elegir los lugares donde se discutían los temas de frontera como Alemania o Suiza, como se muestra en la tabla 6.6.

*En 1985, no había becas en México, no había becas para ningún área, por eso busque nuevas alternativas, hable con gente de Alemania y Bélgica para conseguir una beca y me llegó la carta de aceptación del Max Planck, y así logré estudiar en el extranjero. (INV.M.MEX.CINVESTAV.B.3.MEX).*

En el caso de los investigadores que se formaron en Francia y que habían egresado del DBT-UAMI, el apoyo del ORSTOM (IRD) fue fundamental, tanto en la continuidad de los proyectos de investigación, como en las competencias necesarias y los procesos de socialización para poner en marcha un laboratorio.

*Para hacer mi trabajo de maestría en la UAMI tuve la suerte de trabajar con profesores de tres áreas diferentes. Al final el resultado fue interesante y lo publicamos. Después, yo quería hacer un doctorado fuera de México pero en aquel momento, en 1986, había una crisis económica. Por suerte un profesor del IRD que trabaja en la UAMI, me invitó a hacer el doctorado en Francia. Me encantó la idea. En junio 1988, me voy a Francia a hacer el doctorado. En la universidad de Marsella me reconocen mi diploma de maestría como un DEA, así que inicio el doctorado. Llegué a un laboratorio nuevo, impecable, pero todo para hacer. Fue una etapa importante porque me tocó poner en marcha un laboratorio del IRD, esta experiencia me sirvió para luego poner mi laboratorio en México. (INV.M.MEX.DBT.B.3.FRA)*

Llevar a cabo estudios de doctorado en el extranjero, en un momento en el cual no había un apoyo sólido por parte del gobierno mexicano, fue uno de los motivos de tensión de los investigadores mexicanos que se formaron en este período.

*Desde 1982, las CONACYT eran muy pocas y además había una devaluación. Sin embargo fui afortunado porque me dieron una beca parcial en la universidad de Estados Unidos, pero casi no servía para nada. Entonces, mi mamá, con muchos trabajos me mandaba dinero cada mes y de cachito en cachito pude hacer mis estudios. (INV.M.MEX.CINVESTAV.B.3.USA).*

También, en el caso de los investigadores que estudiaron en las universidades privadas de Estados Unidos, como la universidad de St. Louis Missouri financiada por el grupo Monsanto, las estrategias de atracción de talentos resultaron oportunidades alternativas para los investigadores de este segundo período.

*Desde que postulas para las becas, ellos lo pagaba todo: el boleto de avión y la estancia, lo ponían a uno en la casa de invitados que tienen para seminarios o para entrevistas, le pagan a uno la comida, lo llevan a comer con profesores o con alumnos para que vea como es el ambiente; porque en realidad muchas de estas universidades están peleándose por los mejores estudiantes, entonces lo tratan a uno como rey. Después una vez que te aceptan, puedes solicitar la beca. A ellos no les importa si eres extranjero o no, solo les interesa atraer talentos. Por eso hay tantos estudiantes extranjeros en esas escuelas, porque si uno tiene el acceso, o sea si pasas los exámenes o las entrevistas, ellos financian todo. (INV.F.MEX.IBT.B.2. USA-PRIV).*

El inconveniente de este tipo de universidades privadas es el hecho de que los temas de investigación son acotados o bien el resultado de los trabajos de investigación es propiedad del organismo que financia la universidad.

*Los proyectos de investigación son impuestos por los tutores y desafortunadamente la famosa libertad de cátedra y libertad de investigación está muy sesgada, porque se tiene que hacer lo que les convenga a la compañía que financia, porque son ellos los que aportan el dinero para las universidades y los proyectos de investigación: como Monsanto, o las farmacéuticas muy famosas como Pfizer, Novartis, etc. (INV.F.MEX.IBT.B.2. USA-PRIV).*

La elección de Israel como destino de formación es un ejemplo interesante para observar el surgimiento de nuevos polos de formación.

*Desde el bachillerato tenía la intención de estudiar fuera de México. Cuando acabé la licenciatura, por consejo de mis tutores, apliqué a una universidad de Inglaterra y a una de Israel. Me aceptaron en los dos, pero en Inglaterra sólo me daban el 20% o 30% de la beca y tenía que conseguir con mi gobierno el resto. Fui a CONACYT y fue muy desgastante ya que tenía que meter solicitudes y en ese tiempo no había muchas oportunidades. En ese período recibí la aceptación de Israel, era una beca completa, decidí irme y estuve dos años y medio... Me fue muy bien hice varias publicaciones que me sirvieron para mi doctorado en Suiza. (INV.F.MEX.IBT.B.3. SUI).*

Cabe mencionar que los trabajos de investigación realizados en Israel fueron la plataforma para realizar los estudios de doctorado en la universidad de Basilea, en Suiza, pionera en los años 90's el tema de Biología Celular.

*En Suiza empezamos una nueva área de investigación que ahorita todo el mundo la utiliza. Afortunadamente, en esa línea sigo trabajando actualmente hache en México. (INV.F.MEX.IBT.B.3. SUI).*

Uno de los rasgos característicos recurrentes de los polos de formación nacionales y extranjeros es el acceso a equipo, reactivos, insumos, personal de apoyo, material bibliográfico, apoyo financiero para la asistencia a congresos, como lo menciona el 78% de los investigadores a este respecto.

*El acceso a los equipos que teníamos allá obviamente. En México no existían. Cuando regresé ya existían. Pero antes para tener acceso a equipo de punta era muy complicado. Tenías que ir a los lugares ahí donde había el equipo de punta, con profesores muy bien preparados. Por eso es importante ir a esos lugares, allí aprendes con lo más nuevo. (INV.F.MEX.IBT.B.2.USA-PRIV).*

El peso de los eventos contextuales no es menor cuando se habla de elegir el destino de un científico. En el caso de los investigadores de este segundo período, las manifestaciones estudiantiles de 1968, las revueltas civiles de 1972, fueron factores que marcaron la definición de una línea de investigación.



*Soy Ingeniero Químico de la Facultad de Química de la UNAM, y desde que estaba en la carrera, me interesaba el asunto de la contaminación ambiental; a mí me tocó empezar la carrera en el 69, y aunque éramos muy jóvenes, había muchas ideas revolucionarias, y una de esas ideas era trabajar en temas que ayudaran a la sociedad, trabajar en temas ambientales, pero no para ser el barrendero de la industria sino en buscar procesos que no contaminaran, por eso estudié Ingeniería Ambiental. (INV.M.MEX.DBT.B.3.MEX).*

Es importante mencionar que el análisis de las disciplinas de los investigadores de esta segunda generación nos indica que se van modificando la denominación de los títulos obtenidos a nivel maestría y doctorado. Si en un principio, el título de origen de los investigadores del primer grupo se remitían a ciencias de investigación básica como Química, Biología, Medicina, en este segundo período como en el subsecuente, el título de maestría toma un enfoque de aplicación transdisciplinario: Biomédicas, Bioquímica, Ingeniería de alimentos. De igual manera, en este segundo período empieza a aparecer la denominación de Biotecnología o Biología Molecular en títulos de doctorado, lo cual habla de la aceptación por los pares disciplinarios, del surgimiento de un nuevo campo disciplinario.

De acuerdo a la información reportada en la tabla 6.6, en base al título que ostentan los diplomas de estos investigadores, se puede observar que los procesos de especialización en el campo de la Biotecnología se llevan a cabo una vez que los investigadores ingresan en programas de maestría y doctorado. En el caso de DBT UAMI la interrelación entre la Bioquímica y la Ingeniería de alimentos se vuelve la base del desarrollo de la Biotecnología a nivel doctorado. En cuanto al IBT-UNAM y el CINVESTAV-I los programas de maestría de estos investigadores reflejan ya un sesgo multidisciplinarios donde la constante es un entrenamiento previo en la manipulación de los organismos vivos; ya sea desde la Biología Molecular o desde la Biomedicina. En el caso del COLPOS-M, se alcanza a vislumbrar, por el título de diploma emitido, que el cambio hacia la especialización inicia a nivel doctorado.

Tabla 6.6 Trayectorias formativas, nivel SNI y adscripción de los investigadores entrevistados (Segundo período: de 1985-1996)

Licenciatura	Maestría	Doctorado	País Doctorado	SNI	Género	IES
Químico	Química	Bioquímica	MEX	3	H	DBT-UAMI
Química	QFB	Ing. Alimentos	MEX	1	F	DBT-UAMI
Bioquímica	Biología	Biología Molecular	FRA	3	H	DBT-UAMI
Ing. Alimentos	Ing. Química	Biología Molecular	FRA	3	H	DBT-UAMI
Ing. Alimentos	Ing. Química	Biología Molecular	FRA	1	F	DBT-UAMC
QFB	QFB	Ing. Celular	USA	2	F	IBT-UNAM
Biología	Bio. Molecular	Biología Molecular	USA	2	F	IBT-UNAM
Biología	Bio. Molecular	Biología Molecular	SUI	3	F	IBT-UNAM
Biomédicas	Biomédicas	Bioquímica	GBR	3	H	IBT-UNAM
Biología	Biomédicas	Biología Molecular	MEX	3	H	IBT-UNAM
Química	Bio. Molecular	Biología Molecular	MEX	3	H	IBT-UNAM
QFB	Biomédicas	Biología Molecular	MEX	2	H	CINVESTAV-I
Biología	Biología	Biología Molecular	USA	1	F	CINVESTAV-I
Biología	Bio. Molecular	Biología Molecular	USA	3	H	CINVESTAV-I
Química	Bio. Molecular	Biología Molecular	ALE	2	H	CINVESTAV-I
Agronomía	Agronomía	Genética	MEX	1	H	COLPOS
Biología	Biología	Bioquímica	USA	2	H	COLPOS
Química	Agronomía	Genética	MEX	1	F	COLPOS INIFAB

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de los CVU de los investigadores entrevistados.

Uno aspecto de los aspectos relevantes de este segundo período es la presencia de mujeres en los colectivos de investigación. Dentro de los investigadores entrevistados el porcentaje de mujeres representa el 30% y a nivel global de todos los colectivos el 40%.

Tabla 6.7. Porcentaje de científicas entrevistadas en función de los colectivos seleccionados.

Colectivo	Miembros SNI 2012		Entrevistados	
	% Mujeres entre los miembros SNI 2012	Total miembros SNI 2012	% Mujeres entrevistadas	Total de entrevistados
DBT UAMI	44%	27	27%	11
IBT UNAM	46%	148	25%	12
CINVESTAV I	34%	62	18%	11
COLPOS -M	30%	54	20%	10
Total	40%	291	23%	44

Fuente: Elaboración propia en base a los datos reportados por el SNI 2012

En efecto, como lo muestra la tabla anterior, en este período, la presencia de las mujeres empieza a tener un valor significativo a nivel global y en menor escala en el COLPOS-M. Sin embargo, como se mostró en la tabla 6.6, es el colectivo de la UNAM donde las científicas están mejor posicionadas en el SNI. También es importante mencionar que el 73% de los investigadores entrevistados que se formaron en este período mencionaron haber trabajado como ayudante de investigación durante su trayectoria formativa, lo cual en términos de socialización representa un entrenamiento hacia la habilitación como investigador.

Dentro del ámbito cultural, los investigadores que realizaron estudios en lugares donde la cultura y la lengua son diferentes al contexto nacional, los procesos de adaptación implicaron nuevos retos para llevar a cabo el quehacer científico.

*El principio fue muy complicado porque en el instituto todo era en inglés y en la vida cotidiana era en hebreo. No podía ni ir al súper, así que tuve que estudiar hebreo, realmente fue difícil el primer año tomar cursos y recibir clases 100% en inglés, presentar exámenes, pero, poco a poco me incorporé. Tuve mucha suerte ya que la gente en el laboratorio me recibió muy bien, (...) incluso, vino un investigador de otra universidad para trabajar conmigo, hicimos unos experimentos y publicamos varios artículos juntos que me sirvieron para mis estudios de doctorado en Suiza. (INV.F.MEX.IBT.B.3. SUI).*

A nivel contextual, en este período la Biotecnología empieza a conocer a sus oponentes. Surgidos del debate entre la manipulación de los organismos vivos y las cuestiones éticas y ecológicas que esto presupone. En ese tiempo, empezaron a surgir en Europa y después en Estados Unidos y Canadá, organizaciones civiles que manifestaban su oposición a los trabajos realizados por los biotecnólogos.<sup>125</sup>

---

<sup>125</sup> Una de las asociaciones de este tipo es Greenpeace. organización ecologista internacional, fundada en 1971 en Canadá. Busca proteger y defender el medio ambiente interviniendo directamente en diferentes puntos del planeta cuando se cometen atentados contra la naturaleza. Dentro de las acciones que ha emprendido esta asociación está la organización de campañas para detener el cambio climático, proteger la biodiversidad, evitar la contaminación, el uso de armas nucleares y los productos transgénicos. Además, proteger bosques y paisajes naturales. Tiene presencia en 43 países y sus ingresos provienen de contribuciones individuales. Las campañas de Greenpeace son ampliamente difundidas por los medios con lo cual atrae la atención del público y la descalificación de ciertos trabajos científicos.

*Con mucho trabajo conseguí una beca para irme a Alemania, por año y medio para hacer el doctorado. Yo me iba a ir en febrero del 86, pero el partido de los Verdes en Alemania voló el primer laboratorio del Max Planck, fue el primer ataque terrorista ecológico y tuve que posponer mi viaje. (INV.M.MEX.CINVESTAV.B.3.ALE).*

A este respecto vale la pena mencionar que uno de los rasgos característicos de la Biotecnología -y quizás de su visibilidad y su gran desarrollo- reposa precisamente en el hecho de que la aplicación del conocimiento generado, particularmente el relacionado con los productos transgénicos, provoca reacciones encontradas dentro y fuera de la disciplina.

Para aquellos investigadores que se han manifestado, dentro del campo contrarios a la utilización de los productos transgénicos, algunos de ellos han sido desplazados de sus puestos de trabajo y, paradójicamente han encontrado en las asociaciones civiles un aliado y un espacio de escucha a sus trabajos científicos.

*México es muy dependiente de las importaciones de maíz en los Estados Unidos. Antes yo estuve trabajando dentro del gobierno en el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola y nos dimos cuenta que el maíz transgénico tenía que ser analizado para saber cuáles eran las implicaciones de este tipo de maíz antes de sacarlo al mercado. Sabíamos que iba a entrar a fuerza por que en Monsanto, algunos científicos y políticos mexicanos estaban detrás de esto. Hay muchos intereses comerciales en este tema. Esto lo denuncié en un foro en 1995. Después de eso, me congelaron, perdí mi empleo. Y no sé cómo, pero empezaron a invitarme asociaciones civiles, mexicanas e internacionales, para que diera pláticas y escribiera lo que yo sabía, para informar a la gente. Entonces empecé a aparecer en los medios. Hice artículos para el periódico, me entrevistaron muchas veces, sobre todo en esos tiempos. Ahora ya no, excepto tú. (INV.M.MEX.1.COLPOS - UACM.B.1.MEX).*

En efecto, el tema de los productos transgénicos ha sido un tema polémico, que pone en evidencia las luchas internas de los grupos en competencia por posicionar sus teorías y llevar a cabo su quehacer científico (Kuhn, 1977).

Como se observa en el comentario anterior, la biotecnología es una ciencia en construcción donde emergen ideas encontradas entre sus integrantes. Sin embargo, como los productos generados por la biotecnología poseen un valor político y económico importante, aquellos que manifiestan una posición contraria son excluidos del campo (Bourdieu, 2001).

Ciertamente, la aplicación de los conocimientos generados por la Biotecnología, particularmente en el tema de los productos transgénicos, despierta intereses de actores externos a la ciencia, actores del ámbito social, político y económico, que influyen en la determinación de lo que es válido desarrollar en el quehacer científico. Conscientes de este hecho los investigadores, se ven en la necesidad de buscar alianzas fuera del ámbito científico para continuar con su labor científica como lo muestra el comentario siguiente:

*El tema que trabajamos es delicado. Por eso es importante informar a la gente. En el caso del poder legislativo el problema es que cambia, cambian a los diputados y los senadores y los que se quedan no tienen memoria. Entonces tenemos que volver a explicarles cada tres años lo que estamos haciendo... por eso estamos haciendo estos libros, les mandamos los libros a los nuevos senadores para que vean que “ahí no está el diablo”, para que vean los datos que están a nivel internacional, para que sepan de los países que están usando transgénicos y no hay daños importantes. Nosotros trabajamos con mucha responsabilidad este tema. (INV.M.MEX.IBT.C.4.MEX. POSD).*

Independientemente de las lógicas de razonamiento de estas posturas (tema estudiado en México por Chauvet et al., 2004). Es evidente que dentro del quehacer científico de los biotecnólogos existe una presión, dentro y fuera de la disciplina para encontrar soluciones a los problemas de la sociedad y que para llevarlas a cabo necesitan establecer alianzas estratégicas con varios sectores y acumular capitales para sobrevivir en el campo (Bourdieu, 2000).

Para unos investigadores, la aplicación de la biotecnología (los transgénicos o el uso de los pesticidas, por ejemplo) constituye la panacea y para los otros es la fuente de todos males. ¿Quién tiene la razón?

A este respecto vale la pena anotar que parte de la temática de los biotecnólogos, hoy en día, también es incursionar sobre la disyuntiva de la utilización de los productos generados por la biotecnología.

*Ahora estoy trabajando en un tema sobre la toxicología de micro organismos. Porque es un error pensar que comer biológico es sano. Es muy peligroso. Hay que ser muy cuidadoso porque pasamos de un extremo a otro. Comer orgánico es una moda, la gente tiene miedo de morir de cáncer. Por ejemplo en Túnez, en el almacenamiento del trigo, la semilla se humedece y produce hongos, los hongos producen micro toxinas que son muy peligrosas para la salud. Y como son productos naturales no le ponen químicos. Ahora en Túnez hay mucha*

*gente que tiene cáncer. Mi hipótesis es que el 80% de su comida es a base de trigo, y aunque el hongo se muere en el proceso, la micro toxina se queda, se almacena en los filtros: en los riñones, páncreas, colon, etc. Y poco a poco se acumula y aparece el cáncer. La cuestión es que nunca se sabe la causa del cáncer, porque cuando se descubre ya es demasiado tarde. (INV.M.FRA.MONTPELLIER. C.3.FRA).*

Como se puede notar en el comentario del investigador entrevistado, al existir una relación estrecha entre el desarrollo de la Biotecnología y las cuestiones que afectan al ser humano y al medio ambiente, también existe por parte de los investigadores una sensibilidad y una posición crítica frente al objeto de estudio.

#### **6.1.5 Las trayectorias profesionales de los herederos: la consolidación de los polos nacionales.**

A finales de la década de los 80's, etapa en la cual empiezan a incorporarse a los colectivos los investigadores que obtuvieron su diploma de doctorado entre 1985 y 1996 los escenarios científicos, contextuales, políticos y económicos fueron diferenciados según el momento en que acceden a un puesto de trabajo definitivo como profesor Investigador de tiempo completo (PTC).

Recordemos que en los años 80' se generaron en México cambios estructurales de gran escala. En primer lugar, la firma del Tratado de Libre comercio (TLC) entre México y Canadá. El TLC anuncia la adopción de estrategias geopolíticas de corte neoliberal que impactaron en las estrategias de asignación de recursos a las IES, el perfil de contratación de los investigadores, en las condiciones laborales, así como en la visibilidad y legitimación de las líneas de investigación de los científicos mexicanos.

Para los investigadores que obtuvieron el diploma de doctorado entre 1985 y 1996, la inserción laboral estaba casi asegurada dentro de las instituciones mexicanas en las cuales habían realizado sus estudios de maestría. Por ejemplo, en el caso de los investigadores entrevistados el 65% de ellos obtuvieron al volver una plaza de PTC definitiva. También se sabe de aquellos investigadores que, después de una contratación temporal, el 35% restante ya contaba con una plaza de PTC antes de terminar su doctorado. En todos los casos la relación estrecha con los investigadores fundadores de los colectivos de Biotecnología fue la llave que abrió las puertas al mercado laboral.

*Antes de acabar el doctorado, contacté a los investigadores de aquí. Me invitaron a dar un seminario y me quedé. Yo regresé en octubre del 94 para enero del 95 ya estaba contratada, eran otros tiempos. (INV.F.MEX.IBT.B.2.USA.PRIV).*

El en caso del DBT-UAMI, universidad de nueva creación, la posibilidad de obtener una plaza de tiempo completo -como asistente-, fue importante para los primeros herederos de este colectivo: *Al terminar la maestría me abrieron una plaza de profesor aquí mismo, después me fui a estudiar el doctorado (INV.M.MEX.DBT.B.3.FRA).* En otros casos, los puestos de trabajo los esperaban al término de su formación de tercer ciclo:

*Ninguna puerta toqué, yo llegué a México y mi ahora buen amigo (Mariano Gutiérrez) de la UAMI, se paró de su escritorio, vació todo lo que había en sus cajones y me dijo: éste es tu escritorio yaquí tienes dinero para trabajar en lo que tú quieras. (INV.M.MEX.DBT.B.3.FRA).*

En el caso del DBT-UAMI es comprensible, tanto la oferta de trabajo para sus herederos, como la necesidad de conformar un equipo de trabajo sólido para los proyectos internacionales y la puesta en marcha de los programas de posgrado en Biotecnología. Pues de los cinco investigadores que iniciaron el proyecto del DBT-UAMI, solamente uno de ellos (el Dr. Gustavo Viniegra) contaba con formación posdoctoral. El resto de los investigadores fundadores, apoyados por el grupo del IRD y los apoyos que daba la UAM a los PTC para llevar a cabo sus estudios de posgrado, obtuvieron su diploma de doctorado. Las características propias de este departamento, situado en una universidad pública que nace en 1974, ofrecían la libertad de elegir la línea de investigación en la cual se quería trabajar. También es importante mencionar que uno de los factores de cohesión de este grupo es la filiación a ciertas ideas socio políticas:

*Por mi formación, me correspondía llevar a una escala mayor los procesos de transformación que se estaban planteando la UAM con el IRD. Y esos procesos consistían en recuperar un recurso que era muy valioso y difundido en países subdesarrollados de África y Latinoamérica. Nuestro objetivo era utilizar microorganismos para generar productos, lo suficientemente vigorosos para la gente que no tiene dinero pudiera alimentarse. Ese tema siempre ha sido obsesivo para mí. A eso me he dedicado y a eso se dedicaba el IRD. Todos estábamos muy contentos y llenos de sueños con nuestro trabajo. En diferente medida todos teníamos tendencias políticas de izquierda. (INV.M.MEX.DBT.B.3.MEX).*

En la década de los 80, las políticas públicas hacia el SES y la CyT estaban reestructurando el SES. El Estado deja su posición de benefactor (Brunner, 2000) e impulsa nuevas reglas de asignación de recursos, vía procesos de evaluación a todos los niveles: desde las instituciones, los programas, los investigadores y los alumnos (Didou, 1995). Por ese motivo, para aquellos que ingresaron a los colectivos de investigación cuando las reglas de acceso a puestos en las universidades se hacían más estrictas en cuanto al nivel de estudios requerido, el escenario era el siguiente:

*Ingresé aquí como una estancia post doctoral. En ese entonces era lo que manejaban. Entrar en el grupo como postdoctorante. Estar así durante dos años mientras se abría una plaza en la institución en la que estaba a lo largo de esos dos años. En mi caso, el primer año se comprometió a pagarlo CONACYT, el segundo año lo pagaba la universidad. Así estuve dos años, a los dos años ya me abrieron una plaza y estuve como investigadora asociada ocho años más. (INV.F.MEX.IBT.B.2.USA-PRIV).*

A nivel administrativo, los procesos de rendición de cuentas trajeron nuevos espacios de tensión en el desarrollo del trabajo de investigación. Por ejemplo, en los centros de investigación de provincia como el CINVESTAV-I, el acceso a los insumos y al equipo se tornaron más burocráticos, al grado en que en muchas ocasiones obstaculizan el trabajo de investigación.

*Estuve un año en el instituto Pasteur haciendo una estancia y cuando necesitaba un equipo o algo sólo tenía que pedirlo al almacén y me la enviaba el mismo día. Aquí, cuando necesito algo debo de pedirlo con varios meses de anticipación. El problema es la gran burocracia que hay en la administración. En México les estamos dando mucho poder a los administradores, y ahorita son ellos los que deciden sobre el equipo y los insumos que debemos de utilizar. Por ejemplo: yo no puedo comprar una computadora si no lleno un formato y como estamos en provincia la tengo que enviar a la Secretaría de Hacienda en el Distrito Federal. Hacienda, tiene que decir ¿Quieres una computadora? OK, déjame ver si te la puedo comprar. Para responder se tardan casi 6 meses, ya cuando llega, el equipo ya es obsoleto. Es una pesadilla. (INV.M.MEX.CINVESTAV.B.3.USA).*

Este escenario no es privativo de los centros de investigación de provincia ya que el 70% de los investigadores entrevistados mencionó que el acceso al equipo y los insumos, a nivel nacional, es uno de los impedimentos para llevar a cabo su trabajo de investigación. Por lo cual, la primera red de colaboración se teje dentro de los propios colectivos de investigación como estrategia para



compartir insumos. A decir de uno de los investigadores extranjeros sobre el quehacer científico de los investigadores del DBT-UAMI, la apreciación es la siguiente:

*A diferencia de los demás colectivos, el trabajo en equipo es la parte fuerte de este laboratorio. No tenían mucho dinero, creo que tener mucho dinero es como en la familia: los niños no hacen buenos estudios, no tiene más imaginación para crear nuevos juegos. Ellos, con el poco dinero que tenían lo usaban para becas, para formar a gente en México, formar a gente en Francia, o en otras partes el mundo. (INV.M.MEX.FRA.MONTPELLIER. B.2.FRA).*

Posturas semejantes sobre las condiciones organizacionales donde se lleva a cabo el quehacer científico, se encuentran expresadas por investigadores como el siguiente:

*Me interesó un tema innovador en Biotecnología y me metí a fondo. Siempre es el gusto por hacer algo nuevo y eso es lo que mueve a los científicos para no quedarse fuera del campo. A pesar de que estoy en esta oficina desde hace 20 años, no me quejo, porque me he movido por todas partes del mundo. Aunque muchos me han dicho que la oficina es pequeña y no tengo una secretaria particular, eso no me importa, porque aquí he hecho lo que he querido y mi laboratorio es el mismo y he tenido estudiantes que han ido y venido y ya son investigadores de otros lugares. Entonces no creo que haga falta un lugar más grande, son las ganas de hacer las cosas lo que ayuda a hacer ciencia. (INV.M.MEX.CINVESTAV.B.3.MEX).*

Desde un escenario diferente, las condiciones laborales de los investigadores de este campo, no fueron las mismas, sobre todo cuando se ven afectados por los cambios en la toma de decisión de los políticos. En efecto, en los años 80' s el golpe más fuerte lo recibieron los investigadores del COLPOS-M, dedicados a la producción del maíz. La importación de toneladas de semillas de Estados Unidos y las estrategias políticas en el tema del agro desestabilizaron las líneas de trabajo de este colectivo. A decir de los investigadores entrevistados de esta generación la reducción del presupuesto, espacios para la aplicación de su trabajo y desmantelamiento de las estructuras de difusión de su trabajo fueron algunos de los factores que restaron visibilidad a sus líneas de investigación:

*En los años ochentas hubo una crisis en México y un congelamiento en las instituciones, y del colegio entre ellos. Los presupuestos para investigación en el COLPOS se congelaron durante dos décadas. Con la crisis hubo un congelamiento y al mismo tiempo llegó la globalización. El*

*gobierno eliminó toda la estructura que se tenía para el desarrollo, a las instituciones de investigación, la agrícola, pecuaria y forestal, y las fusionó en una sola y después la achicó. De los 2500 investigadores o más, sólo quedamos 700. También desaparecieron, a la Banca rural, la Conasupo,<sup>126</sup> Fertimex y las instancias para el desarrollo agrícola nacional. Además desde finales de los setentas, crecen las empresas trasnacionales en México, haciendo investigación en el desarrollo tecnológico de las semillas, y ahorita el 90% del mercado de semillas está en manos de Monsanto, DuPont. Ahora para trabajar, tenemos solamente 6 y medio millones de hectáreas que se siguen sembrando con semillas nativas y hacer nuestro trabajo. (INV.M.MEX. COLPOS. B.2.USA).*

En ese período, por cuestiones políticas, económicas los espacios de injerencia de los investigadores del COLPOS-M, que se dedicaban a la investigación de la reproducción de la semilla criolla pasó a segundo plano. A decir los investigadores entrevistados de esta línea de investigación, ésta fue considerada como un área de apoyo para las líneas prioritarias.

*Somos como quien dice áreas de apoyo, así nos consideran áreas de apoyo en el gran programa que se está llevando a cabo, para generar un híbrido o una variedad tienen que saber ellos con precisión cuál es el manejo que se le tiene que dar para que dé el máximo rendimiento, tienen que saber cómo se produce la semilla, tienen que saber las condiciones de riego, tienen que saber cómo se debe almacenar para que realmente no se vea atacado, tienen que saber cuál debe ser el manejo postcosecha para posteriormente conducirlo a la industria prioritaria, tiene que saber las cuestiones culturales del tema del agro y en eso, somos especialistas. (INV.M.MEX. COLPOS.B.1.MEX).*

En cuanto al desarrollo de las líneas de investigación de los científicos mexicanos, también, la firma del TLC en 1994 impactó notablemente el trabajo de los investigadores de este campo. Con la firma del TLC, se privilegió la importación de materias primas así como de productos ya manufacturados que desestabilizaron la planta productiva nacional y los trabajos de investigación de los científicos mexicanos.<sup>127</sup> Este tipo de acciones puso en desventaja tanto la industria mexicana como las líneas de investigación de los científicos del DBT-UAMI y del COLPOS-M. Como afirma uno de los investigadores entrevistados:

---

<sup>126</sup> La Compañía Nacional de Subsistencias Populares fue una empresa paraestatal que se dedicó a acciones relacionadas con el sistema de abasto y la seguridad alimentaria mexicana. Fue creada en 1962 con el fin de garantizar la compra y regulación de precios en productos de la canasta básica, particularmente del maíz.

<sup>127</sup> De acuerdo con los estudios históricos sobre los actores políticos que jugaron un papel importante en las decisiones económicas en México, se encuentran Carlos Salinas de Gortari, presidente de México de 1988 a 1994, quien puso en marcha políticas económicas de corte neoliberal cuando firmó en 1994 el Tratado de Libre Comercio con Canadá y Estados Unidos (TLC) (Alba, Francisco, Ilán Bizber y Lorenzo Meyer, 2008).

*En el desarrollo de la Biotecnología, el voluntarismo de los científicos no cuenta. Lo que cuentan son los intereses geopolíticos y económicos. Y cuando la política cambia, los proyectos de investigación de corte nacionalista, ya no encajan muy bien.*  
(INV.M.MEX.DBT.C.3.USA.POSD).

En el caso de las líneas de investigación de los fundadores del DBT-UAMI, los cambios generados por los acuerdos internacionales, la privatización de las industrias nacionales y el abandono en que dejaron a los pequeños productores restó visibilidad a los trabajos de este colectivo:

*Nuestro objetivo era disminuir la dependencia de granos importados para la ganadería y no depender más de las importaciones de Estados Unidos: primer productor de granos. Nuestra propuesta era sustituir los granos por la caña de azúcar y empezamos a trabajar con eso en las pequeñas comunidades de trapicheros. Pero no pudimos continuar con ese proyecto porque el gobierno se echó para atrás debido a las negociaciones internacionales. En los años 80's, el gobierno decidió que era muy arriesgado confrontar a los Estados Unidos y cambió la política en todo. Desde entonces se decidió que el país ya no iba a ser competidor, sino maquilador. Se desapareció la industria azucarera y se incrementó la importación de granos. Entonces se cumplió con la meta de la política y se dejó de lado el desarrollo de la ciencia en México*  
(INV.M.MEX.DBT.C.3.USA.POSD).

En el caso del CINVESTAV-I y el IBT- UNAM los aportes de los investigadores de este segundo período vinieron a apoyar al colectivo en temas más puntuales en el área de Ingeniería genética, Biología molecular, temas que, en el plano internacional se estaban desarrollando a gran velocidad.

En el caso de los aportes de los investigadores entrevistados que se incorporaron a los colectivos de investigación en este segundo período se observa una especialización en los trabajos sobre la manipulación del ADN en organismos vegetales y animales, la utilización de la técnica de fermentación sólida y las nuevas técnicas en la producción de semillas fueron parte de sus aportes al campo de la Biotecnología.

Tabla 6.9 Línea de Investigación de los científicos entrevistados. Segundo período: de 1985-1996.

Colectivo	Líneas de investigación	Aplicación
CINVESTAV-I	Biología Molecular de Productos Naturales de Plantas en el Control de la producción de compuestos útiles de plantas Ingeniería genética en el estudio de las relación Planta-Virus Biotecnología aplicada al estudio de la Patología de insectos que atacan a las plantas	Agricultura Industria Alimentaria
COLPOS-M	Mejoramiento Genético y Tecnología en la producción de Semillas, Manejo de la post cosecha.	Agricultura y proceso asociados
DBT-UAMI	Microbiología aplicada a las Petroquímica, procesos industriales y mejoramiento ambiental (Suelo, aire y agua) Mejoramiento genético de hongos para el control de plagas Biotecnología aplicada a la producción de alimentos.	Petroquímica, Alimentos Agricultura Medio Ambiente
IBT-UNAM	Biología Molecular aplicada a la adaptación de plantas en Zonas desérticas Ingeniería celular y bio catálisis para el estudio y caracterización de los procesos enzimáticos Desarrollo de herramientas bioinformáticas para extraer y analizar la información relevante de las bases de datos sobre la actividad enzimática. Desarrollo de nuevas tecnologías biológicas para entender los procesos celulares relacionados con el estrés Medicina molecular y bio procesos en el análisis de los mecanismos moleculares que controlan las respuestas neuronales.	Agricultura Farmacia Medicina Bio informática

Fuente: Elaboración propia en base a las entrevista realizadas.

Cabe mencionar que, a pesar del establecimiento de las nuevas reglas para la evaluación de los investigadores que obtuvieron el diploma de doctorado entre 1985 y 1996, el 53% de los investigadores entrevistados, actualmente posee la calificación de investigador consolidado en el SNI (nivel 3).

#### **6.1.6. Las redes de colaboración de los herederos: delimitación de territorios**

Los primeros proyectos de investigación para obtener recursos internacionales fueron elaborados por el DBT-UAMI. Los factores que contribuyeron a la búsqueda de alianzas, internacionales -otras que los Estados Unidos- financiamiento y espacios para dar a conocer sus trabajos de investigación fue la Comunidad Europea.

*Nosotros inauguramos las redes de colaboración internacional. Ahora hay muchos más. Eso nos permitió desde 1981 ser un grupo pionero en el mundo. Desde ese entonces se gestaron los primeros artículos que nos dieron fama y reputación. Entonces hicimos una red híbrida e*

*interconectamos la ingeniería química con la microbiología y gracias a ese híbrido resolvimos problemas técnicos de principios de los noventa, que no habían sido resueltos por ningún otro grupo de investigación competidor y de ahí viene nuestra fama y reputación. (INV.M.MEX.DBT.C.3.USA.POSD).*

Un factor importante en la construcción de las redes de colaboración es el interés de cada uno de los miembros por generar conocimiento. En este caso la visión de crecimiento, los conocimientos científicos, la situación geográfica y la posibilidad de experimentar en nuevas líneas de investigación fueron elementos importantes para que sus homólogos en Francia reconocieran en ellos los elementos estratégicos para el establecimiento de una red de colaboración en los años 80's. Por un lado, los investigadores franceses trabajaban en un tema relacionado con la producción de alimentos para los países en vías de desarrollo (producción de la Yuca para los países africanos) y por otro lado, la convergencia de temas de investigación y el acceso a la materia prima, dieron como resultado el establecimiento de redes de colaboración entre México y Francia.

Rasgos interesantes de la relación de larga data entre Francia y el DBT-UAMI, fueron no solamente la colaboración en la formación de cuadros en México y Francia, el intercambio de alumnos,<sup>128</sup> las estancias de investigación, la instalación de laboratorios en ambos países, las estrategias para la obtención de recursos económicos,<sup>129</sup> la horizontalidad del trabajo en equipo,<sup>130</sup> el apoyo logístico para la difusión de los hallazgos tanto en Europa como en América

---

<sup>128</sup> *“El grupo francés se fortaleció también: en la formación de alumnos franceses. Porque la UAM sirvió para formar más de 20 o 30 franceses, ingenieros que vinieron como voluntarios, para trabajar, durante su servicio militar. En el laboratorio, recibíamos, cada año, 2 o 3, hasta 8 alumnos de todas partes. Gentes que querían hacer su estancia de 6 meses, y lo interesante es que ellos se quedaban más de un año y así teníamos un grupo fuerte. La gente que venía preparaba sus temas de investigación y lo presentaba en Francia, de tal manera que los investigadores franceses cada año nos decían: ¿no quieren uno o dos para enviarlos? Aunque no teníamos instrumentos de Biología molecular ni nada así, pero de todas maneras querían venir aquí. Era un grupo muy accesible. (INV.M.FRA.MONTPELLIER, C.3.FRA).*

<sup>129</sup> *En ese entonces el colega francés era consejero de la Embajada de Francia en México. Así que si la embajada tenía que hacer una plática sobre Biotecnología o intercambio científico, nos llamaban a nosotros, así obtuvimos varias becas por parte de la Embajada de Francia para la UAM; y fue a partir de allí que envió a muchos alumnos de la UAM fueron a Francia. (INV.M.FRA.MONTPELLIER. C.3.FRA).*

<sup>130</sup> *A decir de un investigador francés sobre el trabajo colegiado del DBT-UAMI se menciona lo siguiente: “Aunque eran jefes, no eran tan jefes: no había una jerarquía dentro del grupo. Aunque eran líderes y a veces estaban o no estaban, había una estructura muy sólida. Al interior del grupo hay muchas personas que pueden ser líderes, cada quien llevaba su evolución de carrera, esa es la historia del grupo.” (INV.M.FRA.MONTPELLIER. C3.FRA).*

Latina sino el sentido de aplicación del conocimiento generado en situaciones de desastre natural.

*Esto no tiene nada que ver con la ciencia pero creo que fue lo que nos ayudó a ser un grupo fuerte. Durante el terremoto del 85 todos, los mexicanos y los franceses se fueron a participar en acciones de rescate aunque estaba prohibido por el gobierno mexicano. Gustavo Viniegra tuvo la idea de instalar en las diferentes partes de la ciudad letrinas para la salud pública, porque él es médico de formación y eso era algo importante. Nosotros en el laboratorio nos dedicamos a producir agua estéril para los niños de Iztapalapa. Estas son cosas que no tienen nada que ver con la ciencia, pero eran espontáneas sin cálculo ni cosas así. De tal manera que la gente era solidaria y no había jerarquía, ni eran temas para publicar para publicar en una revista internacional. Para nosotros, las publicaciones no es el único criterio de la ciencia. En estos momentos era más importante construir una letrina que publicar en NATURE. Es la sabiduría de la ciencia: ¿para qué sirve saber hacer algo si no lo haces en el momento apropiado? (INV.M.FRA.MONTPELLIER. C.3.FRA).*

Dentro de los productos científicos presentados por esta red a nivel internacional se encuentran los trabajos sobre fermentación sólida en Francia en 1988.

*Cuatro años después, organizamos en París, en el mes de agosto 88, en el congreso internacional de Biotecnología y Bioingeniería, que es como las olimpiadas de ese tema, una mesa redonda sobre nuestro trabajo. Yo estaba de vacaciones en Grecia y fui allá para recibir a los mexicanos, creo que eran 17 u 18, eran muchos, de la UAM y de Puebla. (INV.M.FRA.MONTPELLIER, C.3.FRA).*

Las redes de colaboración de este segundo bloque no sólo se tejieron para llevar a cabo los proyectos de investigación. De acuerdo con los investigadores entrevistados, las redes que han construido son utilizadas para que sus alumnos realicen estancias de investigación (76%), la realización de congresos (68%), la publicación de artículos (98%), el préstamo de equipo (76%) y también para colocar a sus alumnos en puestos de trabajo (82%).

*Las redes que he tejido también han servido para que mis alumnos encuentren trabajo. De mis alumnos hay algunos que siguen la línea Lo que pasa es que son tiempos muy complicados, ya no hay manera de conseguir plazas, el SNI necesita que tengas una plaza, necesita que estés publicando y a ti te necesitan en universidades estatales, pero para que des clases o para que seas coordinador o el director, porque ya eres doctor. No sé qué tanto impacto estamos teniendo. (INV.M.MEX.IBT.C.4.MEX).*

Las redes de colaboración no sólo se tejen entre los investigadores, sino también con los organismos donde se puede llevar a cabo el trabajo científico. Como parte intrínseca de la Biotecnología, la aplicación de los conocimientos forma parte de la visibilidad y legitimidad del quehacer científico, dentro y fuera de la académica. En el caso de los investigadores del CINVESTAV-I, antes de tener el reconocimiento del sector productivo, fue necesario contar con el reconocimiento de sus pares en el extranjero para llevar a cabo su labor científica.

*Recién llegamos, en 88, 89, queríamos trabajar con los agricultores de Sinaloa. Ellos tienen recursos y son los más organizados del país. Ellos dan 5 centavos de dólar para la investigación por cada tonelada de producción de semilla y así reúnen varios millones de dólares. Por eso fuimos a buscarlos y nada, ellos contrataban investigadores de EUA e Israel. Les pagaban millones de dólares para desarrollar el mejor tipo de jitomate. No nos conocían y no nos tomaba en cuenta. Sí nos invitaban a sus reuniones pero a la hora de los proyectos no nos elegían. En una de las reuniones, 89, coincidimos con gente de Arizona, California y nosotros. Entre ellos estaba el investigador que asesoró mi trabajo de doctorado. Y en la reunión les dijo a los agricultores que nosotros les podíamos ofrecer más cosas, “porque ellos tienen mejor equipamiento de lo que yo tengo en California” Y desde ese momento empezamos a tener proyectos con Sinaloa sobre varios temas. (INV.M.MEX.CINVESTAV.B.3.USA).*

En el caso de los investigadores del COLPOS-M cuya línea de investigación no es la utilización de técnicas de manipulación de ADN en la producción de plantas, el establecimiento de redes para difundir sus trabajos y sus posturas ideológicas pasan a través de las al respecto redes: científicas, políticas y sociales.<sup>131</sup>

*Para dar a conocer nuestra postura, hemos publicado escritos con unas 100 firmas de investigadores en mejoramiento genético señalando*

---

<sup>131</sup> Parte de la postura que han tomado estos investigadores proviene de la relación estrecha que guardan con los agricultores a decir de una investigadora: “Jalisco es una región donde están cosechando ahorita alrededor de 12 toneladas por hectárea pura semilla híbrida, pero un agricultor me dijo: mire ingeniera, mientras yo sembré mi maíz criollo que me dejó mi papá yo llevé a mis hijos a la universidad, yo traía camioneta, yo tenía casa, pregúnteme qué tengo ahora, recojo 12 toneladas por hectárea y no tengo nada, deme otro cultivo porque este maíz no es redituable. ¿Por qué? Porque es un engaño eso de la tecnología y de que van a cosechar mucho, así como cosechan, así le invierten en puros productos que son transnacionales, que no se queda nada en México, ese es el gran engaño, esas tierras tienen toda la actitud para producir maíz, pero llegaron y nos dijeron: esto funciona...Pero tienes que hacer tantas aplicaciones de fertilizante, tienes que tener riego, tienes que comprar esta semilla, y eso es demasiado grave para todos. (INV.F.MEX. COLPOS-INIFAB.B.1.MEX).

*nuestra postura en contra de los transgénicos y de la inconveniencia de ese tipo de semillas. Hay una unión de científicos conscientes, comprometidos con la sociedad. De esa organización se han hecho también foros científicos y de divulgación; donde hemos exigido ser escuchados en el congreso de la Cámara de Diputados. La sociedad civil también movida por algunos colegas y algunos activistas sociales para apoyar nuestra postura. Creo que se llegaron a recabar como 400 mil firmas en contra de los transgénicos. A pesar de que el gobierno federal tiene su pacto con Monsanto, creo que se han dado pasos al respecto. (INV.M.MEX. COLPOS.B.1.MEX).*

A decir de los investigadores entrevistados de este segundo período resulta interesante observar que para llevar a cabo su quehacer científico, ha sido necesario establecer alianzas con los pares, las instancias gubernamentales, los actores políticos y las organizaciones civiles. También es importante mencionar que este tipo de alianzas influye en los espacios de acción de los investigadores y va determinando la visibilidad de cada uno de los colectivos.

## **6.2 Las trayectorias formativas de la generación de recambio: la competencia de los CVU.**

Las trayectorias formativas no siempre son lineales. Esto es, a la sucesión lógica de la realización de estudios no siempre el acceso a puestos de trabajo o a puestos de gestión se establece en línea directa. Sobre todo para los investigadores que ingresaron a los espacios de investigación en la década de los setenta, cuando el requisito de doctorado no era indispensable (Gil, et al, 1994).

*Pues, me di cuenta de que todo mundo estaba haciendo su doctorado. Yo no lo había hecho porque había ocupado puestos de gestión. En ese entonces empezamos a hacer la maestría y el doctorado en Biotecnología y yo no tenía el doctorado y fue cuando decidí que ya era tiempo de salirme un poquito de los puestos de gestión y ponerme a estudiar. Por cuestiones de trabajo me quedé en México, no me salí del país. Me inscribí en la UNAM en un doctorado de Biotecnología y lo fui sacando sin descuidar a mis alumnos. (INV.M.MEX.DBT.A.3.MEX).*

Es por eso, que en el tercer período, algunos de los profesores que aún no habían realizado sus estudios de doctorado con su cohorte generacional, aprovecharon instancias como la del PROMEP para llevar a cabo sus estudios; y en este corte temporal se encuentran investigadores que ya estaban en



activo dentro de la institución y obtuvieron su diploma de doctorado en época tardía.

De acuerdo con los 14 investigadores entrevistados en este bloque el 30% son extranjeros (Francia, Inglaterra y Japón), todos ellos atraídos por el desarrollo científico y por las oportunidades de llevar a cabo el quehacer científico. En todos los casos el reconocimiento de los pares en el extranjero fungió como destino de formación a nivel de doctorado de investigadores extranjeros.

*Ici, a l'IBT j'étais vraiment aux anges parce que j'ai pu travailler dans le laboratoire avec un chercheur qui était connu mondialement, pour ces choses là, donc tout ce que j'avais appris dans les livres ou avec les profs, je le vivais vraiment au quotidien ici,* (INV.F.FRA.UAMC.A.1.MEX).<sup>132</sup>

A nivel global de los investigadores mexicanos entrevistados en este período, los lugares de formación en México fueron instituciones como la UNAM, la UAMX, la UACHap y el ITESM. A diferencia de los períodos previos donde los lugares de formación provienen de las universidades del centro del país; los lugares de formación a nivel de licenciatura presenta un abanico de IES de formación de provincia más amplio: el Instituto Tecnológico de Tabasco, la UMSNH y la UAEM, lo cual habla de la expansión de la oferta educativa a nivel licenciatura.

*Yo estudié, Ingeniero Bioquímico, en el Instituto Tecnológico de Villahermosa. Después de la licenciatura entré a trabajar a la industria (...) por un golpe de suerte llegó la información de las maestrías de la UAM, que se estaban iniciando en Biotecnología y como estaba iniciando, un amigo de la familia que estaba estudiando en la UAM, le dio los folletos a mi mamá; y ella me los mandó por mensajería. Era una maestría con beca CONACYT. Fui de la primera generación de la UAMI en Biotecnología.* (INV.M.MEX.DBT.A.2.GBR).

A nivel maestría el 65% de los PTC de este período realizaron sus estudios en México, donde las instituciones de formación son el COLPOS-M, la UNAM, el DBT-UNAM y el CINVESTAV. De aquellos que realizaron sus estudios en el extranjero: los países de destino fueron Inglaterra y Estados Unidos. En el caso de la elección de Inglaterra como destino de formación a nivel maestría la conjunción de la cultura y la ciencia fueron determinantes.

---

<sup>132</sup> *Aquí en el IBT yo estaba realmente en el cielo, porque pude trabajar en un laboratorio con un investigador que era conocido por las cosas que yo había aprendido en los libros o con los profesores. Y yo lo vivía aquí como algo cotidiano (Traducción nuestra).*

*Mi afición por el arte y la ciencia porque me gustaba más la parte cultural que tiene Inglaterra, coincidía con las cuestiones artísticas y el desarrollo de la bioquímica y también de que tuviera una sección para el arte. Después, al finalizar mi maestría, me fui a Alemania. (INV.F.MEX.CINVESTAV.A.1.ALE).*

Apoyados por becas CONACYT el 87% de los investigadores mexicanos entrevistados de este período (1996-2012) realizaron sus estudios de doctorado en: Inglaterra (33%), Estados Unidos (25%), México con 16.6%, España, Japón, Alemania con 8.3% respectivamente.

*Seis meses después de haber acabado la maestría, me fui a Inglaterra con una beca del CONACYT, de otra manera me hubiera sido imposible y por otro lado las becas del consejo Británico estaban muy bajas, comparadas con las del CONACYT en ese entonces. (INV.M.MEX.DBT.A.2.GBR).*

A la pregunta sobre los factores que influyeron en la elección del lugar de formación de los investigadores de este período, uno de los temas recurrentes fue precisamente el financiamiento.

*P.: ¿Qué es lo que lo llevó a elegir el lugar para realizar los estudios de doctorado: la beca o el lugar?*

*R.: La beca. Con ese tipo de beca uno escoge tres universidades donde uno puede realizar el doctorado. Y el programa escoge. En realidad ellos deciden, la universidad es la que acepta a la persona (INV.M.MEX.CINVESTAV.A.1.USA).*

En el caso de Estados Unidos, las becas otorgadas por este país fue uno de los alicientes para elegirlo como destino de los estudios de doctorado. Recordemos que después de la Segunda Guerra Mundial el otorgamiento de las becas forma parte de las políticas de atracción de talentos del gobierno de Estados Unidos.

*Me fui con una beca de la Universidad Rockefeller: alojamiento y dinero. Cuando la Universidad te acepta tienes todo, la beca y la escuela, en NY los alojamientos son muy caros y la universidad tiene sus departamentos y sólo pagas el mantenimiento. Te dan cierta cantidad de dinero para hacer investigación y cuando quieres hacer otro tipo de experimentos, tienes un poquito de autonomía. (INV.M.MEX.IBT.A.1.USA).*

El manejo del idioma, la cercanía, la percepción positiva que se tiene en México de las instituciones extranjeras y también el nivel de requisitos que solicitan las universidades de Estados Unidos, son elementos de peso en el reconocimiento del prestigio de las universidades estadounidenses por los científicos mexicanos.

*Todas mis opciones fueron para Estados Unidos, porque hablo inglés, porque está mejor visto aquí, además porque es más difícil entrar en una universidad de Estados Unidos que en Europa, y también porque está*

*más cerca de mis familiares. Es más difícil entrar a una universidad de los Estados Unidos porque allí tu CVU es evaluado más rigurosamente y hay un examen general de conocimientos que no existe en Europa. En Europa es más fácil irse con alguien que tú contactas. Para ir a Estados Unidos, aunque tengas contactos, de todas maneras hay que presentar el examen. Es un examen en inglés y un examen de conocimientos estandarizado. Hay preguntas como de lógica y razonamiento y hay una sección de especialización. Fue mucha presión pero al final me aceptaron en tres de las mejores universidades de mi área (INV.M.MEX.IBT.A.1.USA).*

Otro de los elementos que motivaron a los investigadores de este período para llevar a cabo los estudios de doctorado, es el hecho de que, en ciertos programas de doctorado, el diploma de maestría no es necesario.

*Mis motivos para ir a estudiar a EE.UU. fueron dos: la emoción y el reto de estudiar en otro país. Los motivos personales fueron que allí estaba quien sería mi futuro esposo. Me fui a estudiar allá tras haber comenzado la maestría en CINVESTAV en un excelente laboratorio. No terminé la maestría pues en ese momento me enteré de que no la requería para el doctorado en la Universidad de Pensilvania. Ya desde entonces me apasionaba la genética bacteriana y había un excelente laboratorio en el Departamento de Microbiología, donde trabajé en mi tesis doctoral. (INV.F.MEX.CINVESTAV.A.1.USA).*

La elección de Inglaterra como destino de los investigadores entrevistados de este período se debe por afán de conocer nuevos horizontes de investigación.

*Para hacer el doctorado me llamaba mucho la atención Inglaterra y bueno, tuve la suerte de que sí me aceptaron. En ese momento el Internet no te ofrecía tanta información vigente como ahora, entonces fui a las embajadas, a los módulos de información para becas y recopilé información. Todavía estaba trabajando en la UAM, pero sí me permitían, ir a las embajadas y buscar información. Mis profesores me ayudaban mucho con las cartas de recomendación y las cosas administrativas que te pedían. (INV.M.MEX.DBT.A.2.GBR).*

El caso particular de la elección de España como lugar de formación parte de uno de las investigadoras del COLPOS-M, concretamente de un área distinta al ámbito agrario: la pedagogía. A diferencia de los otros centros de investigación, el COLPOS-M es apoyado por especialistas de distintas áreas de ciencias sociales ya que el estudio y la difusión de los temas agrarios toca ámbitos culturales, económicos, sociales que deben de ser atendidos desde la perspectiva de las ciencias sociales. En este caso la formación a nivel de doctorado se eligió, por cuestiones culturales, de lengua y por la afinidad del tema de investigación. El apoyo con que se contó para llevar a cabo esta formación fue institucional.

En términos generales las disciplinas de los investigadores de este período muestran la tendencia que se maneja en el campo de la Biotecnología de la generación anterior, donde los diplomas de Biología Molecular, Bioquímica y Biotecnología van tomando la escena principal de estos colectivos de investigación.

Tabla 6.11 Trayectorias formativas, nivel SNI y adscripción de los investigadores entrevistados (Tercer período: de 1997 -2012)

Nac.	Licenciatura	Maestría	Doctorado	País doc	Género	SNI	IES
FRA	Bioquímica	Biotecnología	Biotecnología	MEX	F	1	DBT-UAMC
GBR	Bioquímica	Biotecnología	Biotecnología	GBR	H	2	DBT-UAMI
MEX	Ing. Química	Ing Ambiental	Biotecnología	MEX	H	3	DBT-UAMI
JAP	C Biológicas	C Biológicas	C Biológicas	JAP	H	2	IBT-UNAM
GBR	C Biológicas	C Biológicas	Microscopia	GBR	H	1	IBT-UNAM
MEX	Biomédicas	Biotecnología	Biotecnología	USA	H	1	IBT-UNAM
GBR	C. Biológicas	Bio Molecular	Bio Molecular	GBR	H	1	CINVESTAV-I
MEX	Biotecnología	Bio Molecular	Bio Molecular	USA	H	1	CINVESTAV-I
MEX	Ing. Química	Bioquímica	Bio Molecular	ALE	F	1	CINVESTAV-I
MEX	Genética	Genética	Genética	USA	H	2	COLPOS
MEX	Didáctica	Didáctica	Didáctica	ESP	F	1	COLPOS
MEX	Agronomía	Geomática	Geomática	GBR	H	2	COLPOS

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en esta tabla los cambios en el perfil de los investigadores de este corte reflejan una especialización en temas relacionados con la Biotecnología. En el caso particular del COLPOS-M, dada sus características relacionadas con la reproducción de sus conocimientos en ámbitos más amplios que los científicos, tienen la necesidad de contar con investigadores relacionados con las ciencias sociales para mejorar sus técnicas pedagógicas de reproducción.

### **6.2.1 Las Trayectorias Profesionales de la generación de recambio: la adaptación a las nuevas reglas.**

Encontrar un puesto de trabajo dentro de un colectivo de investigación ha sido un problema que se ha incrementado año con año. La falta de nuevos puestos de trabajo dentro de las IES y en la industria, la ausencia de políticas de recambio generacional y la entrada al Mercado científico de investigadores de otras latitudes han hecho que el horizonte laboral de los investigadores mexicanos jóvenes sea cada vez más precario. Para los investigadores que

realizaron sus estudios de doctorado entre 1997 y 2012 los requisitos para acceder a puestos de investigación se han incrementado año con año. Ahora además de haber realizado estancias posdoctorales en institutos reconocidos como prestigiosos – que en el caso de Biotecnología pueden ir de una a tres estancias- el número de publicaciones internacionales, premios y reconocimientos forman parte del CVU de los postulantes para acceder a una plaza.

A diferencia de los períodos anteriores, en el caso de los investigadores que ingresaron a los colectivos referidos y que actualmente forman parte de los investigadores más jóvenes el origen del título de doctorado no tiene un valor significativo, ya que las trayectorias formativas y profesionales de los investigadores precedentes y las relaciones entre los colectivos nacionales con sus pares en el extranjero han contribuido para que los conocimientos generados en IES mexicanas se encuentren en la frontera de la ciencia.

*Bueno cuando presenté el examen de oposición el otro candidato, el más cercano que también tuvo muy buena probabilidad de quedarse se formó en la UNAM y tenía un nivel académico tan bueno como el que yo tenía en Inglaterra y en el caso particular para la plaza que competí, el lugar de origen no fue importante, porque se demostró a través del examen de oposición con las propuestas que uno tenía. (INV.M.MEX.DBT.A.2.GBR).*

En efecto, para los investigadores que se formaron en México, de los diferentes períodos, la oportunidad para realizar estancias de investigación, durante su trayectoria profesional en institutos de investigación extranjeros es un elemento importante para mantenerse vinculados con la generación de conocimiento.

*Sólo hice la maestría fuera de México, y todo lo demás lo hice aquí. Aquí me desarrollé bien. Durante mi sabático fui a Inglaterra y a Francia. He hecho estancias cortas, y digamos que son las más largas, no creo que haya sido por eso mi formación de base fue hecha en México. Antes, no había doctorados en México, los doctorados en México empiezan en los 80's había uno que otro, pero muy poquitos se formaban en esto, de tal manera que ahora ya no está tan volcado hacia afuera, y tampoco la gente que estudia afuera tiene mayores ventajas, hoy ya no es así. Antes los que estudiaban fuera eran los que tenían doctorado, y ahora ya no es así. (INV.M.MEX.DBT.B.3.MEX).*

Aunado a lo anterior la apertura de plazas a investigadores extranjeros en los centros de investigación implica nuevos escenarios de tensión para los investigadores mexicanos. Por ejemplo en el caso del CINVESTAV-I las políticas de contratación de nuevos investigadores establecen nuevas reglas

para ingresar a este colectivo. 1) La convocatoria es publicada a nivel internacional, 2) Se favorece la entrada de investigadores formados en otras instituciones para evitar la endogamia y 3) La presentación de un seminario forman parte de los requisitos de ingreso a esta institución.

*Actualmente dentro de la planta académica tenemos un importante grupo de extranjeros. Algunos llegaron por amor, porque la esposa o el esposo están aquí. Otros porque encontraron que aquí también podrían hacer el mismo nivel de ciencia que en otros países. Otros vienen por el tema de investigación y otros más por las condiciones de libertad de investigación. Por ejemplo ahora tenemos un investigador alemán, que trabaja en un proyecto en Oaxaca que decidió quedarse en México porque se dio cuenta de que en términos absolutos y con el SNI tenía el mismo sueldo que en su país. (INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.USA).*

Una de las estrategias que ha utilizado el IBT-UNAM, para contar con personal especializado en el campo es a través de la invitación directa:

*Cuando estaba trabajando en Newcastle en mi primer posdoc, llegó un investigador de México, de este instituto. Empezamos a trabajar juntos. Él tenía unas ideas interesantes, técnicamente difíciles, al final de trabajo me invitó: “si quieres venir a México a trabajar conmigo, eres bienvenido. (INV.M.GBR.IBT.A.1.GBR).*

*Entré aquí por invitación de un investigador que me contactó en mi laboratorio de Japón (INV.M.JAP.IBT.A.2.JAP).*

En los casos mencionados anteriormente, la búsqueda de financiamiento para llevar a cabo los procesos de investigación y la apertura de plazas ha favorecido que los especialistas en la materia de Microscopia y de Genética del Desarrollo y Fisiología Molecular, continúen laborando en este colectivo.

Cabe mencionar que el panorama que enfrentan los egresados de los colectivos es cada vez más complicado. En efecto, los investigadores que postulan para obtener una plaza de investigación, se enfrentan a convenios amañados que pone en desventaja la remuneración salarial.

*Ahora, no hay manera de conseguir plazas. Para tener la plaza debes de estar en el SNI, y para estar en el SNI se necesita que tengas una plaza, se necesita que estés publicando, que des clases a nivel posgrado. Entonces, ¿no hay manera!.....Ahora el panorama para los egresados es terrible. Cuando van a una universidad de provincia les dicen: te doy 10 mil pesos más los 4 que te va a dar el SNI ya son 14, o sea yo te firmo de que estas en la universidad, te dan la beca del SNI y ya. Entonces, los muchachos escriben al SNI y exponen sus motivos – por favor yo necesito que me den el nivel uno, porque si no me dan el nivel uno no*

*me aceptan, no me firman y no me dan el trabajo. Entonces como las instituciones de provincia conocen ese mecanismo, se aprovechan de la situación y. los muchachos lo están aceptando; y esto es muy gravoso para las nuevas generaciones. (INV.M.MEX.DBT.B.3.MEX).*

Después de la inserción laboral, el ámbito al que se enfrentan los investigadores de este tercer período, el tema del financiamiento para llevar a cabo el quehacer científico se ha vuelto un tema completo. A decir de los investigadores entrevistados, en cada una de las IES se cuenta con una cantidad de dinero para apoyar los trabajos de investigación. En el caso del IBT los apoyos provienen de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM (DGAPA).

*He podido realizar mi trabajo porque tengo dos fuentes de financiamiento: la UNAM y DGAPA, que hasta el momento han sido suficientes. Otra ventaja es que no he empezado un laboratorio desde cero. No he interrumpido mi trabajo de investigación, ni de difusión. Llegué y seguí trabajando aquí en el IBT. Y por lo mismo se me otorgó el financiamiento, pero evidentemente el problema general es la burocracia. En Estados Unidos tienes todo el material para trabajar y aquí tarda un mes, tienes que pelearte con el administrador, el proveedor. Por eso creo que los mexicanos trabajamos mejor en el extranjero que aquí, uno invierte mucho tiempo aquí para hacer las cosas (INV.M.MEX.IBT.A.1.USA).*

En el caso del CINVESTAV la opinión de los investigadores hacia las condiciones organizacionales para llevar a cabo el quehacer científico son las siguientes:

*En CINVESTAV siempre tuve maravillosos profesores, infraestructura adecuada y un ambiente que me motivaba a aprender. Cuando después del doctorado me contrataron aquí, fue como regresar a mi casa. Esta institución me dio enorme libertad para desarrollarme tanto en investigación científica, como docencia. Y cuando se publican programas de apoyo, el prestigio de CINVESTAV te respalda al momento de buscar proyectos y colaboradores. (INV.F.MEX.CINVESTAV. A.1.USA).*

Otro elemento a resaltar es el relativo a la limitación de los recursos con los que cuentan los centros de investigación y las estrategias adoptadas por las autoridades de estos colectivos para administrar los gastos.

*A CINVESTAV nos llega un presupuesto para gastos corrientes y para investigación. Antes se desmenuzaba el presupuesto, porque todos querían cosas y a nadie le alcanzaba, ahora ya no lo desmenuzamos y mejor compramos lo que más necesitamos para el grupo en general. Así hemos podido encontrar puntos en común para distribuir el dinero de*

*manera más equitativa y por prioridades de investigación. No dispersión, lo mejor es agrupar. Aquí, este sistema si funciona porque somos jóvenes y tenemos una idea de grupo.*  
(INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.USA).

Las líneas de trabajo de los investigadores de este tercer período son los siguientes:

Tabla 6.11 Línea de Investigación de los científicos entrevistados. Tercer período: de 1997 -2012

Colectivo	Líneas de investigación	Aplicación
CINVESTAV-I	Ecología microbiana. Genómica bacteriana comparativa Interacciones planta-microbios Productos naturales derivados de microorganismos	Agricultura Industria Alimentaria
COLPOS-M	Mejoramiento Genético y Tecnología en la producción de Semillas. Geomática	Agricultura Análisis y planificación de los cultivos
DBT-UAMI	Microbiología aplicada a la Petroquímica, procesos industriales y mejoramiento ambiental (Suelo, aire y agua) Mejoramiento genético de hongos para el control de plagas	Bio remediación Agricultura
IBT-UNAM	Genética del Desarrollo y Fisiología Molecular Microscopia Biología Molecular	Agricultura Farmacia Medicina

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las líneas de investigación de los científicos que conforman la generación de recambio, se observa una modificación sustantiva en el caso del COLPOS-M, donde aparece la utilización de técnicas surgidas del ámbito de la informática para la realización de trabajos de planeación y estadística en el ámbito del agro. En el caso del IBT-UNAM, se observa la aplicación de los conocimientos generados en Biotecnología en el ámbito de la Medicina.

### **6.2.2 Las redes de colaboración de la generación de recambio: una visibilidad diferenciada**

¿Con quién colaboran los investigadores que se doctoraron en este tercer período? En base a las respuestas de los investigadores de este período, las redes de colaboración para acceder a los recursos extraordinarios que ofrece el CONACYT forman parte de la dinámica de trabajo de estos investigadores.



Sin embargo, la oportunidad para acceder a este tipo de financiamiento es cada vez más competitiva.

*Antes, cuando estábamos en la comisión del CONACYT recibíamos 200 proyectos y se apoyaban 60 proyectos. El dinero no ha aumentado pero el número de proyectos sí. Ahora, hay 600 proyectos y siguen autorizando los mismos 60, porque el dinero no se ha incrementado. Entonces la mejor manera de hacer un proyecto, más estructurado, y en grupo. Buscar los recursos en colaboración. Y por eso algunos grupos ya comparten instrumentos y presupuestos. La necesidad nos está cambiando la manera de trabajar. (INV.M.MEX.CINVESTAV.C.3.USA).*

El acceso a los recursos para llevar a cabo los trabajos de investigación no incide en la manera de relacionarse entre pares sino también en la elaboración de los proyectos y en la modificación de las temáticas.

*Hace 25 años trabajábamos más en el área de alimentos y ahora estamos más hacia el área ambiental. Esto va cambiando por tu propia motivación pero también debido a las políticas de educación superior de las que te puedes beneficiar. Principalmente en el caso de la obtención de recursos. Por ejemplo, dentro del área ambiental aparece el tema de BIO, y la posibilidad de abordar los temas renovables, yo no lo veo como una cuestión oportunista, yo lo veo como que tenemos la capacidad para participar en ese tipo de cosas y entonces participamos y eso va modulando tu actividad como científico porque hay recursos, puedes becar gente, hay estancias de investigación, hay profesores invitados y a diferencia de eso tú tienes que trabajar en ciertos temas y cada quien decide si quiere participar o no, si tiene la experiencia técnica para hacerlo o no. (INV.M.MEX.DBT.B.3.FRA).*

Un agregado más a los requisitos que debe tener un proyecto de investigación para ser beneficiado por los recursos que otorga el CONACYT es la vinculación con la Industria.

*Otra oportunidad interesante de financiamiento son los proyectos donde la universidad tiene que estar vinculada necesariamente con la industria, eso también es nuevo. (INV.M.MEX.DBT.A.2.GBR).*

Este tema es más recurrente para los investigadores mexicanos que trabajan en el extranjero, Por ejemplo para los investigadores que trabajan en Estados Unidos, la asignación de recursos para investigación por parte de la universidad se lleva cabo en el momento en el cual ingresa el investigador al campus, posteriormente, el investigador debe de hacer frente a negociaciones o al establecimiento de redes de recursos como lo enuncia Knorr Cetina (2005) para sobrevivir en el medio académico.

*En cuanto al dinero para la investigación en Estados Unidos te dan una equis cantidad de dinero y te dicen: “esto es todo lo que se le va a dar durante todo su tiempo aquí. Nadie más te vuelve a dar nada, ni un centavo”. Entonces uno tiene que hacer propuestas de investigación y buscar dinero de la industria o de las agencias federales, si no, no puedes seguir trabajando, ni tener alumnos, ni continuar en el puesto. (INV.F.MEX.USA.ILLINOIS. B.3.MEX).*

Para los investigadores que laboran en Francia, el panorama no es distinto, ya que los fondos gubernamentales con los que cuentan los investigadores son, desde 1980, cada vez más restringidos. De ahí que el tema de investigación y la habilidad de los investigadores para negociar con instancias externas es la base de la continuidad del trabajo científico.

*El financiamiento que me da ahora el CNRS o el gobierno Francés ya no me alcanza para nada, sólo alcanza para el 10 % de mis gastos y por eso debemos buscar dinero afuera en las convocatorias a nivel nacional o internacional, con financiadores que no son de gobierno. También, el gobierno creó una agencia para la distribución del dinero y si ellos juzgan que tu trabajo es importante te dan dinero y si no, no hay financiamiento. Yo tengo mucho dinero de industrias farmacéuticas, de agencias civiles, de asociaciones de pacientes de diversos tipos, pero tengo que invertir mucho tiempo en eso. Desde 1980 ya no doy cursos, sólo asesorías y el demás tiempo lo dedico a buscar recursos. Para mí son muy importantes mis alumnos, pero para que trabajen necesitamos dinero, entonces la mayor parte de tiempo estoy en eso. (INV.M.MEX.FRA.CNRS. C.3.FRA).*

Como se puede observar en el comentario de este investigador para la realización del trabajo de investigación, y en consecuencia para asegurar la vigencia dentro del campo y los esquemas de reproducción, la búsqueda de financiamiento forma parte del cotidiano de los investigadores en todas las latitudes.

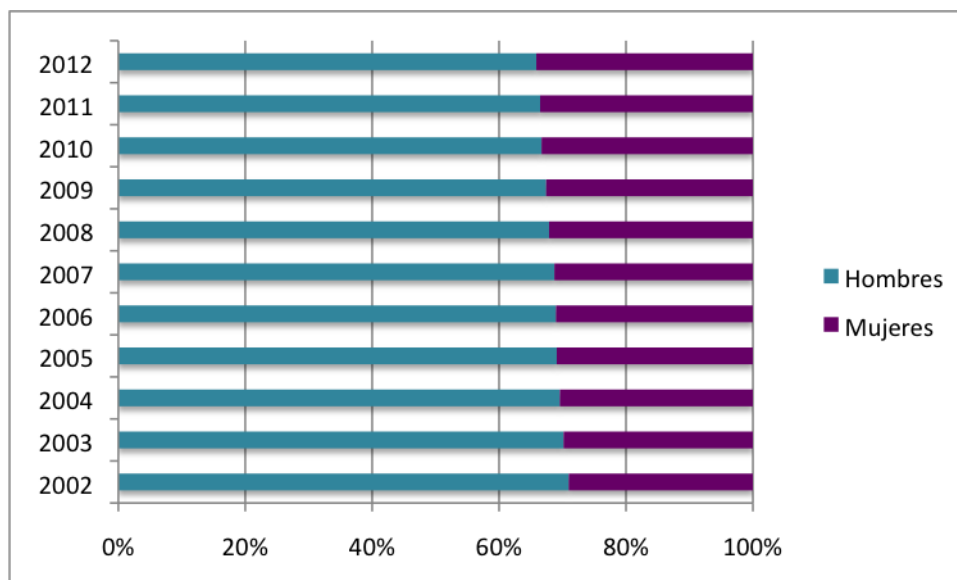
### **6.2.3 Las trayectorias formativas y profesionales de las científicas**

Una sección aparte merece el trabajo de las mujeres del área de Biotecnología que a partir del segundo período empiezan a participar en el campo. En efecto, la presencia de las mujeres dentro de los colectivos de investigación empezó a ser significativa tanto por el número, como por los hallazgos generados.

De acuerdo con los datos cuantitativos los colectivos con una mayor presencia de mujeres dentro del SNI 2012, está el DBT-UAMI, con el 45% sobre el total de investigadores de este departamento. El caso del COLPOS-M con el 30%,

el IBT-UNAM con el 20% y el CINVESTAV-I con el 23%, porcentaje por debajo de la participación por géneros que se presenta en el conjunto del SNI 2012 (33.52%).

*Gráfica 6.1 Distribución de investigadores por género 2002 y 2012*



Fuente: Elaboración propia en base al informe CONACYT 2012. (ver tabla 6 del Anexo)

De acuerdo con las entrevistas realizadas a investigadoras de los colectivos de Biotecnología, el apoyo de la familia fue vital en el arranque de su carrera. El 67% de los padres de las investigadoras tiene nivel de estudios universitarios, aspecto que ayudó a las investigadoras a vincularse con el medio académico. En el caso de las investigadoras cuyos padres poseían un nivel básico de estudios, la realización de estudios universitarios se planeó como una opción para la movilidad social.

*Mis padres son de Oaxaca. Mi papá era mecánico automotriz de oficio y mi mamá enfermera, realmente se fueron abriendo a paso de ellos. Y su único objetivo era que sus tres hijos tuvieran una carrera. Tengo un hermano arquitecto egresado del IPN y mi otro hermano es médico veterinario de la UNAM y yo soy la tercera. (INV.F.MEX.IBT.B.3. SUI),*

De acuerdo con los datos históricos sobre la composición demográfica de la República Mexicana, se sabe que a partir de 1940, resultado de los cambios en las políticas de apoyo al campo, generó en México una alta migración de las zonas rurales a la ciudad, donde había mejores salarios y servicios y una

mayor oferta educativa (Aboites Aguilar, 2008:493).<sup>133</sup> En el caso de las investigadoras que realizaron sus estudios de posgrado fuera del territorio nacional, los países de elección fueron los siguientes:

Tabla 6. 12 Lugar de formación a nivel doctorado de las investigadoras de Biotecnología por período y país de destino

Destino	País	Porcentaje
Segundo Período (1985-1996)	Estados Unidos	33%
	Inglaterra	11%
	Francia	11%
	Suiza	11%
Tercer Período (1997-2012)	Inglaterra	11%
	España	11%
	Alemania	11%
Total		9

Fuente: Elaboración propia.

En el plano emocional, de acuerdo con las investigadoras entrevistadas, la realización de estudios de doctorado fue un proyecto de pareja, ya que el 66% realizó sus estudios de doctorado en compañía de su esposo (5 de ellas del segundo período, el 55%). Para aquellas investigadoras casadas que partieron a realizar sus estudios de manera individual, la lejanía fue motivo de desajustes en las relaciones de pareja.

*Me fui a estudiar el doctorado. Mi marido se quedó. A mi regreso ya estaba ocupado mi lugar y me divorcié.*  
(INV.F.MEX.CIVESTAV.C.1.USA).

Otra fuente de tensión que enfrentaron las investigadoras durante sus estudios de doctorado es el cruce entre los proyectos personales y los proyectos formativos. Del total de las investigadoras entrevistadas 5 de ellas eligieron la maternidad.

*Nunca tuve problemas con mi asesor ¡hasta que me embaracé! Lo que pasó es que antes que yo había una chica costarricense que se embarazó y no terminó el doctorado. Entonces, claro, la primera reacción cuando le dije que estaba embarazada fue: otra latina que nada más viene a tener hijos aquí. Y a partir de ese momento su actitud cambió totalmente, dejó de discutir conmigo. Yo seguí trabajando y cuando mi hijo nació, regrese al laboratorio. Yo seguí, seguí bien y más eficiente, porque además tenía que salir a alimentar a mi hijo al medio día y además ya no podía ir los domingos al laboratorio, y aún así terminé la tesis.* (INV.F.MEX.IBT.B.2.USA.PRIV).

<sup>133</sup> A decir de Aguilar Aboites, 2008:488-489. "Gracias a la educación pública gratuita, no era raro que un obrero tuviera hijos universitarios y profesionistas, pero también casa propia, seguridad social y fondo de jubilación."

Al término de la trayectoria formativa, el nuevo desafío fue la incorporación al medio académico. Para las investigadoras cuyos proyectos académicos estaban vinculados con los proyectos de pareja, el objetivo fue encontrar una institución donde existiera la posibilidad de tener una contratación doble. Esto ocurrió para el 70% de las investigadoras entrevistadas, tanto en México como en el extranjero.

*Yo siempre tuve la intención de regresar a México, porque yo amo a mi país, amo mi cultura, vivo con ella todos los días y quería desde mi perspectiva contribuir a la formación de nuevos investigadores. El problema al que nos enfrentamos al regresar es que habíamos estado 8 años fuera y decíamos ¿A dónde vamos? ¿Cuáles son mis contactos? En ese momento mi esposo, que es mexicano también, recibió una llamada de la investigadora con quien hizo la licenciatura, lo invitó a formar parte de su grupo y ella se mudaba Cuernavaca. Dije que eso era fabuloso ¿pero y yo? Entonces me dijo que había un grupo que estaba buscando un investigador asociado. Vine, hable con ellos, y me dijeron que estaba perfecta Entonces me incorporé como investigadora asociada. Estuve con ellos 12 años aproximadamente y ya después tuve mi propio laboratorio (INV.F.MEX.IBT.B.3. SUI),*

*Ambos trabajábamos en México, pero a mi esposo lo invitaron a trabajar a Estados Unidos. Entonces dejé mi trabajo y nos fuimos, teníamos 3 hijos y más que nada vine siguiendo a mi esposo. Al llegar allí, volví a empezar de cero, no me reconocieron mi trabajo ni mi nivel 2 de SNI, ni mi pertenencia a la Academia. Empecé como profesor asistente, después de 11 años y dos promociones vuelvo a ser investigadora de tiempo completo (INV.F.MEX.USA.ILLINOIS. B.3.MEX).*

En el plano del desarrollo profesional y la escalada hacia las posiciones más altas dentro del SNI, se puede observar que 80% de las investigadoras entrevistadas que realizaron sus estudios de doctorado en el segundo período, todas ellas se encuentran consideradas como investigadoras consolidadas, mientras que las investigadoras más jóvenes, pertenecientes al tercer período, el camino aún es largo dentro del SNI.

Tabla 6.13 Clasificación dentro del SNI 2012 de las investigadoras en Biotecnología por período y lugar de formación

País	Segundo Período		Segundo Período	Porcentaje
	SNI 1	SNI 2	SNI 1	
EUA		11.11%	11.11%	22.22%
FRA	11.11%			11.11%
GBR		11.11%		11.11%
ALE		11.11%		11.11%
SUI		11.11%		11.11%
GBR		11.11%		11.11%
ESP			11.11%	11.11%
ALE			11.11%	11.11%
Total	1	6	3	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la investigadora del segundo período que realiza sus estudios de doctorado en Francia, el desempeño académico no está relacionado con el lugar de formación sino con la elección hecha por la investigadora en cuanto a la determinación de las actividades prioritarias en su curso de vida.

*Después de 3 años de doctorado regresamos a México. Mi esposo ya tenía trabajo, y yo empecé a trabajar después de un año y medio de mi regreso. No empecé a mi regreso, porque estaba embarazada sino que después de año y medio, cuando ya mi hijo estaba bien, empecé con una plaza temporal. Aunque había la oportunidad de una plaza definitiva, yo decidí así porque en esos 10 años nacieron mis hijos, tengo tres. Por eso el crecimiento profesional ha sido muy lento, acabo de meter mis papeles al SNI. Ahora ya puedo trabajar más y comprometerme a las cosas y hacer frente a mis obligaciones de familia. He trabajado a pasos pequeños y este laboratorio me ha apoyado en ese sentido y ahora me toca apoyar a mis colegas, uno de los fundadores de este grupo ahora está en un puesto de gestión y ahora me toca apoyarlo en la formación de los alumnos. (INV.F.MEX.DBT.B.1.FRA).*

Para las investigadoras entrevistadas es recurrente encontrar que los procesos de movilidad iniciados por estas investigadores ha dejado huella tanto en las nuevas investigadoras como dentro de la familia.

*Quiero comentar una cosa. Después de mí, ha sido muy satisfactorio que muchos de mis sobrinos han seguido ese camino. Actualmente tengo un sobrino en Cambridge, Inglaterra, acaba de publicar en SCIENCE y fue a consecuencia de que la tía se lanzó por ahí a esas tierras, otra sobrina está en Inglaterra y otro en Francia. Mi familia después de ser una familia muy conservadora, oaxaqueña se abrió al mundo. Mi hijo el mayor decidió estudiar Biología y va por el mismo camino. (INV.F.MEX.IBT.B.3. SUI).*

Como lo muestra el comentario de la investigadora entrevistada uno de los logros, a nivel micro, es el cambio que se da en la apertura de horizontes de las nuevas generaciones.

### **6.3 Redes y lugares de formación**

Buscando encontrar una relación entre los lugares de formación y las redes de colaboración se pudo observar, como rasgo recurrente en los trabajos colaborativos de todos los períodos, se sabe que las colaboraciones de larga data nacen durante los procesos de socialización que se suceden en la etapa formativa (35%) o durante las trayectorias profesionales (65%) en cuyo caso, la nacionalidad de los integrantes no necesariamente tiene relación con los lugares donde se realizaron los estudios de doctorado. Ante la pregunta de ¿Con quién colabora?, las respuestas fueron las siguientes:

*Con un investigador chino, trabajo sobre plantas, no con mi asesora polaca, porque he cambiado de tema. He ido seguido a verlo, y a través de él también he contactado a varios investigadores. Mis alumnos van con él y de allí vienen para acá. Y a partir de allí me he dado a conocer, por recomendación de mi Tutor, o por gente que me conoce y me recomienda. Por no robar ideas, saber trabajar en equipo, tener datos confiables, etc. Los colaboradores me llegan y también yo los he buscado. Por ejemplo, conocí a un chino que no me presentó nadie, pero tenía un reactivo que a mí me interesaba. Lo contacté por correo, vi su publicación y le escribí, y no sé cómo me respondió, porque tampoco el me conocía personalmente. Tiempo después en un congreso coincidimos y tuvimos una conversación cara a cara, pero ese es un tipo de colaboración más esporádica, no se va a involucrar en nada más. (INV.M.MEX.IBT.A.1.USA).*

En efecto, el rasgo característico de las redes de colaboración de Biotecnología es el establecimiento de redes informales.

*No hacemos convenios. Si empiezas a hacer convenios para todo no acabas. Entonces, buscas la manera de conseguir dinero para los viáticos, porque los alumnos tienen su beca, vienen los alumnos y te pones a trabajar con ellos. (INV.M.MEX.DBT.C.3.MEX).*

En referencia a las redes de colaboración, como motor de cambio o enlaces para responder preguntas de investigación, reúne investigadores que tienen intereses compartidos. En el caso de los investigadores más jóvenes que trabajan en temas locales, las redes de trabajo también son locales. Lo que en cierta forma les resta visibilidad en la comunidad internacional (Weber, 1984) pues como se mostró en los trabajos realizados por los pioneros de estos

colectivos, son precisamente los escenarios internacionales los que les otorgaron *visibilidad internacional* a quienes trabajaron sobre los diversos aspectos del desarrollo de la Biotecnología. Esto también contribuyó, posteriormente, a que esa visibilidad y reconocimiento internacional se tradujera en términos de la construcción de su *legitimidad local*, en su ubicación como referente disciplinario y en su posicionamiento– a nivel personal- como figuras tutelares.

*Tengo muchos colaboradores, todos a causa de proyectos de investigación en los cuales hay un traslape en las preguntas que queremos contestar. Mis colaboradores mexicanos, son principalmente de la UNAM, por razones de temas de investigación, pero también del CIAD en Sonora, de la U. de Nuevo León, etc. Muchos otros colaboradores son de EE UU, de diferentes lugares. Otro muy importante es mexicano, pero trabaja en Canadá. Tengo también colaboradores empresarios. Me interesa mucho que los proyectos de investigación aterricen en soluciones para problemas de México y que se generen empleos, y esto lo saben hacer los empresarios. (INV.F.MEX.CINVESTAV.B.2.USA).*

Sin embargo la presión por publicar y hacerlo en ciertas revistas no solamente es un parámetro de validación dentro de los colectivos sino también un parámetro de validación para las comisiones dictaminadoras del SNI. La experiencia de los pioneros sobre este tema ha contribuido a que las nuevas generaciones de investigadores sigan esa dinámica de trabajo si quieren seguir sobreviviendo en el campo (Bourdieu, 2000).

*Nunca publicamos fuera de esas revistas. Porque si no, no ganábamos dinero. Si uno no publica en revistas indexadas se queda pobre. Porque no puede ganar puntos, ni en la universidad ni en el SNI. Y si uno no gana puntos y no está en el SNI, no consigue proyectos y sin proyectos no tiene alumnos y si no tiene alumnos no se reanuda el ciclo. Yo lo intenté porque me puse renuente a publicar en esas revistas. Me puse a publicar en revistas cubanas y me quedé atrás. Cuando se fundó el SNI en 84. Me pusieron en el nivel más bajo y no subí hasta que cambié de revistas. Y subí, bruscamente, al nivel más alto del SNI. Entonces mis colegas empezaron a subir, y empezaron a publicar en esas revistas. Ahora soy emérito. Pero, si tengo algo muy claro: con la publicación de revistas, no logramos transferir la tecnología. (INV.M.MEX.DBT.C.3.USA.POSD).*

Esta discusión retomada mayoritariamente por los investigadores pioneros en el campo de la Biotecnología pone en tela de juicio el valor de las publicaciones y el impacto que se tiene en la sociedad. En efecto, más allá de la variedad de temas de investigación de los investigadores y sus posibles aplicaciones, el análisis cuantitativo de las publicaciones muestra que a excepción del



COLPOS-M quien lleva a cabo la difusión de los hallazgos en revistas de divulgación y dedica parte de sus trabajos a la redacción de manuales de uso para los productores del campo (publicaciones que por su tipo no están dentro de la base de datos SCOPUS); el principal producto de las investigaciones científicas lo constituyen los *papers* científicos, donde la mayor parte de ellos están publicados en revistas internacionales. Lo cual significa que el principal (casi exclusivo) ámbito de circulación y difusión de estas investigaciones son los pares disciplinarios.

La falta de enlaces para la difusión del conocimiento generado entre quienes tienen posibilidades de aprovecharlo para resolver problemas concretos implica una limitación en la capacidad de difusión de estos conocimientos, que adquiere en consecuencia un carácter endogámico. Este divorcio se acentúa en la medida en que su comprensión requiere de una alta especialización en la temática, requisito de las revistas indexadas, que entonces sólo poseen y pueden decodificar los pares disciplinarios.

En el caso de los investigadores mexicanos residentes en el extranjero el tema de las publicaciones se vuelve muy delicado. Por una parte, existe la exigencia competitiva entre las universidades por la prioridad de los resultados para atraer a nuevos talentos, entre los colectivos para acceder a visibilidad y a recursos externos y entre los individuos para escalar a posiciones altas a nivel laboral. Esto puede llevar a los investigadores a publicar textos carentes de seriedad científica, lo cual pone en riesgo el desarrollo de la ciencia.

*En la ciencia hay mucha charlatanería y esto ha sido creado por la competitividad. Hay mucha gente que publica puras mentiras o cosas erróneas. Hacen cosas rápidas, no comprueban sus resultados o hacen lecturas erróneas de los datos y lo publican. El problema es que con esas publicaciones les dan presupuesto, y aunque luego, otros investigadores demuestran que la información es errónea, el daño a la ciencia es muy grave. Los investigadores perdemos mucho tiempo y esfuerzo en demostrar las inconsistencias de los otros y además nos distraemos de nuestras investigaciones, Más valdría que no publicaran o que los revisores de las revistas fueran más serios. (INV.M.MEX.USA.ILLINOIS.B3.USA).*

Como lo refiere el entrevistado, en el caso de la Biotecnología, un campo donde los temas de investigación aún están en construcción, la presión por llevar a cabo la publicación de los resultados para el acceso al financiamiento, la obtención de una posición dentro de las instituciones de investigación o/y el

posicionamiento dentro del mercado científico conlleva aspectos perversos que afectan la evolución de la disciplina y a la aplicación para la sociedad en general de estos resultados en el mercado científico.

Ciertamente, al no haber referente, la publicación apresurada evita la contrastación de resultados y lleva a los investigadores interesados en este asunto, y con mayor nivel de experimentación, a buscar alianzas dentro de la disciplina y fuera de ella para la rectificación de lo escrito, con lo cual se confirma la teoría de Bourdieu (2000) en cuanto a las alianzas y a la acumulación de capitales contribuyen a la vigencia de los científicos en el campo.

*Ahora para desmentir el trabajo de los colegas que están equivocados, hice varios experimentos para demostrar que ese trabajo es erróneo. Y lo que voy a hacer ahora es publicarlo en una revista de alto impacto, con un grupo de jueces más riguroso, y así ellos ya no podrán publicar cosas erróneas. (INV.M.MEX.USA.ILLINOIS.B3.USA).*

Como lo muestra el comentario anterior, es evidente que en términos de legitimidad la valoración del trabajo generado se relocaliza. La legitimación del quehacer científico, como lo intuía la teoría de Weber sobre la dominación (1984) ya no depende de los procesos por medio de los cuales se lleva a cabo la ciencia, ni del grado de la veracidad de los productos generados sino del peso específico que se le atribuye al nivel de impacto de una revista dada, de un idioma utilizado, de una estructura narrativa utilizada, sino también del poder político y social que tiene un colectivo o un investigador para que sus productos sean publicados y aceptados como válidos.

Este escenario de discusión sobre el tema de la producción científica, que toca directamente el tema de la legitimación del quehacer generado y de la jerarquización de los investigadores atañe a varios rubros.

Primero, en cuanto al valor que se le otorga a la publicación y a la citación como certificado de prioridad del descubrimiento científico y el reconocimiento dado por la comunidad científica en función de los hallazgos generados para el avance de la ciencia.

Segundo, el efecto de la celebridad y reconocimiento que se le otorga a un investigador como productor de conocimiento por los pares, que son recompensas centrales de la institución de la ciencia, y los efectos que esto tiene en el establecimiento de alianzas para posicionarse social y políticamente

dentro de la disciplina – como referente y evaluador del trabajo de los otros, por ejemplo.

Tercero, el peso que puede tener la diferenciación de los investigadores fuera del ámbito académico, en relación con las posibilidades de aplicación del conocimiento generado y el valor utilitario que puedan obtener los agentes externos a la disciplina (político, social, económico).

Como se ha visto a lo largo de este trabajo, en el caso de los colectivos de investigación las trayectorias formativas, las trayectorias profesionales y los espacios de legitimación externos se encuentran claramente delimitados por la aplicación de los conocimientos generados y las fuentes de financiamiento .

En el caso del COLPOS-M, los espacios de legitimación del quehacer científico vinculados con el sector agrario (pequeños y grandes productores) y asociaciones civiles, para aquellos investigadores que experimentan alternativas distintas a las variaciones transgénicas.

A nivel de la correspondencia entre las líneas de trabajo iniciales del COLPOS-M, los esquemas de regulación externas (políticas), las necesidades para posicionar a sus egresados en el mercado científico (económicas), aunado al desarrollo de la ciencia han dado un viraje a las líneas de investigación de sus pioneros, lo que habla de la entrada en la escena de nuevos paradigmas. Dentro de las nuevas temáticas abordadas por el COLPOS-M se encuentran temas asociados con el medio ambiente, la Biotecnología microbiana en el ámbito agro alimentario, la utilización de instrumentos de información y medición para trabajos de planeación, la comercialización de los productos.

Dentro del sector del agro, pero con la utilización de la Biología, la Genómica y la Ingeniería genética para la elaboración de especies y productos vegetales que resuelvan problemas de salud (antibióticos y vacunas), se adaptan a nuevos ambientes y eviten el uso de pesticidas su campo de acción se ubica en los grandes productores agrícolas, la industria Agroalimentario y el sector salud con la producción de fármacos.

En el caso del DBT-UAMI, las líneas de investigación (Biotecnología ambiental, bio-fermentación en medio sólido y mejoramiento genético) encuentra su aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales de origen vegetal y animal y en la implementación de sistemas asociados con la bio-remediación, en cuyo

caso los actores interesados son los gobiernos, los pequeños productores y las grandes y medianas industrias.

Por su parte el IBT UNAM, cuyo enlace con la genómica es fundamental, los trabajos generados tienen aplicación en el campo del Agro alimentario, Salud y medicina genómica. Por lo cual los actores involucrados en el desarrollo de la investigación se remiten a las compañías farmacéuticas, el sector salud y la planta productiva en el tema de agro alimentos.

Hasta aquí se ha mostrado la dinámica que ha existido en la conformación de esta área disciplinaria a través del análisis de estos cuatro colectivos. Ahora, debido a la evolución diferencial del campo resulta interesante revisar el tema de los mexicanos en el extranjero, tanto investigadores como estudiantes para preguntarse sobre la pérdida de estos talentos y su posible apoyo al campo.

#### **6.4. Temas Pendientes: Los Mexicanos en el Exterior**

¿Por qué los investigadores mexicanos deciden permanecer en el extranjero y no regresar a su país de origen?

Parte del trabajo de campo de este estudio fue conocer los factores que influyen en la diáspora de investigadores mexicanos, la permanencia de los investigadores mexicanos en el extranjero. Tema ya tratado por los especialistas en movilidad internacional (Didou, 2005 Marmolejo, 1998) el cuestionamiento hacia los investigadores es el mismo: ¿porqué no regresar al país de origen?

De los investigadores mexicanos entrevistados en el extranjero (9 en total), todos ellos cuentan con el puesto de investigadores de tiempo completo, con más de diez años de servicio. Dentro de los factores que influyeron a permanecer en el extranjero se encuentran: 1) los vínculos afectivos establecidos en el extranjero: el total de los investigadores mexicanos se casaron con personas que conocieron durante sus estancias de estudios en el extranjero; 2) el acceso a equipo y a insumos para llevar a cabo la investigación de punta y obtener mayor visibilidad en el campo; 3) la posibilidad de aplicabilidad de los conocimientos generados, y 4) la falta de oferta laboral, fueron respuestas recurrentes.

*Aunque ya soy investigador en el CNRS en Francia, yo tenía la idea de regresar a México, y cuando trate de postular a una plaza en México, postule 3 veces en México. CINVESTAV, UNAM y la UAM, me dijeron*

*que estaba bien mi CV, pero siempre había otros candidatos que no tenían plaza y los elegían a ellos. Después del tercer intento ya decidí quedarme aquí.*(INV.M.MEX.FRA.CNRS. C.3.FRA).

Otro de los elementos recurrentes que aleja en los investigadores la idea del retorno es el tema de la inseguridad, tema abordado por el 70% de los investigadores mexicanos residentes en el extranjero.

*Regresé a México en el 93, fui a Cuernavaca a una industria química, el salario era muy bueno, pero no me convenció vivir con un buen salario pero en una casa con grandes paredes, por miedo a los robos. Yo no puedo vivir así. Les di las gracias y regresé a los Estados Unidos.* (INV.M.MEX.USA.U.IOWA.B.3.USA).

Si bien el regreso físico no está contemplado por los investigadores mexicanos residentes en el extranjero como un proyecto factible, la construcción de redes de colaboración con México, principalmente con las universidades con mayor tradición, constituye uno de los objetivos del total de estos investigadores. Esto se ha realizado a través de convenios de colaboración donde se fomenta la movilidad entre estudiantes y maestros, o bien a través de proyectos de formación de recursos in situ lo que convierte a estos investigadores en centro o núcleo de red de conocimiento.

*Les propuse a los mexicanos y al director de aquí la creación de un departamento en ciencias de investigación entre México y Francia, para hacer un MASTER de nivel internacional, de intercambio de maestros y alumnos. Esto es un poco el epílogo de mi trabajo y quisiera que perdure en la formación de los nuevos investigadores en México. Aquí en Francia hay centenas y centenas de personas como yo, que trabajan y tienen medios para hacerlo. Entonces, si puedo hacer algo por México es ayudar a que México sea un lugar de formación de alto nivel, para eso vamos a trabajar con la UNAM y el CINVESTAV, eso me enorgullece mucho.* (INV.M.MEX.FRA.CNRS.C.3.FRA).

¿En dónde están estudiando los alumnos de Biotecnología actualmente? De acuerdo con las entrevistas realizadas a estudiantes en el área de Biotecnología en el extranjero (Francia y Estados Unidos), se sabe que los esquemas de movilidad han cambiado. Si en un principio los investigadores de Biotecnología realizaban sus estudios de doctorado en el extranjero, hoy en día, los convenios internacionales entre las universidades, públicas y privadas, permiten la realización de estancias de investigación a alumnos que se encuentran en el nivel de la licenciatura.

También se observó que el origen de los estudiantes es diferenciado. Del total de estudiantes entrevistados (10) 30% provienen de escuelas privadas, 20% de

IES estatales y solo el 50% de instituciones con mayor tradición, como la UNAM, el CINVESTAV y la BUAP.

Otro aspecto interesante de reportar es el hecho de que la duración de los períodos de estancias de investigación, para el caso de maestría y doctorado, con financiamiento CONACYT, van de 3 a 6 meses, bajo el modelo de beca mixta, por lo que tanto los resultados de las investigaciones como los procesos de socialización han cambiado. Esta modificación habrá que observar de cerca para saber cuáles son los efectos de estos cambios en la producción de conocimiento y la construcción de las redes de colaboración científica.

En cuanto al futuro que vislumbran los alumnos entrevistados en el extranjero, el 70% se plantea como opción buscar nuevos horizontes, tanto para realizar estudios posteriores como para la búsqueda de empleo, ya que a decir de los alumnos entrevistados la oferta laboral y las condiciones de seguridad pública en México no son las óptimas.

## CONCLUSIONES

La construcción y validación de la ciencia, más allá de ser un ejercicio puramente racional, encubren las tensiones entre colectivos por posicionar teorías, paradigmas y formas de hacer ciencia en el campo. Esto ha sido afirmado por múltiples estudiosos de la evolución de la ciencia como Mannheim, 1939; Kuhn, 1977; Merton, 1977; Barnes, 1986; Latour, 1995; Bourdieu, 2000.

En efecto, a diferencia de otras áreas disciplinarias donde las etapas de institucionalización, visibilidad, legitimación y aplicación de los conocimientos fueron procesos que abarcan largos períodos de tiempo, la Biotecnología, que nace en un siglo donde la velocidad de los descubrimientos aumenta y se reducen los tiempos entre descubrimiento y aplicación, se observa una aceleración constante tanto en la generación del conocimiento, como en la urgencia por su aplicación y generalización de su impacto. En el plano científico, las investigaciones avanzaron de manera exponencial una vez que la confluencia de varias disciplinas -como la Biología, la Química, la Medicina, la Agronomía, por ejemplo- contribuyeron a entender el comportamiento a nivel celular de los organismos vivos.

¿Qué tan porosos son los límites entre lo científico, lo organizacional, lo político, lo contextual en la construcción y legitimación de la ciencia?

De acuerdo con la literatura, la historia de la Biotecnología ha estado asociada a la búsqueda de soluciones de problemas urgentes de orden global. De ahí, que su visibilidad y la legitimación social de los hallazgos científicos, proviene no solo por los pares disciplinarios, sino de los agentes externos a la ciencia interesados fundamentalmente en la aplicabilidad y utilidad de los mismos.

En efecto al reconstruir el proceso de evolución histórica de los grandes descubrimientos relacionados con la Biotecnología muestra la relevancia y necesidad de la confluencia de cinco elementos en la creciente visibilidad y a la validación de este quehacer científico: 1) El avance científico derivado del mejoramiento y la utilización de instrumentos de frontera que permitieron la replicación de procedimientos y hallazgos. 2) La certificación de los conocimientos generados por los pares disciplinarios. 3) La oportunidad de aplicar los descubrimientos generados a gran escala, por el interés de agentes

políticos y económicos interesados en la solución de determinados problemas, 4) y el interés de actores externos en beneficiarse (como propagadores, consumidores o comercializadores) de los avances de la ciencia.

Se sabe por ejemplo que en el caso del mayor descubrimiento en el ámbito de la medicina: el descubrimiento de la existencia de los microorganismos por Louis Pasteur (1865), el reconocimiento social de este descubrimiento fue palpable por las largas filas de enfermos que esperaban afuera del laboratorio del científico francés para recibir la vacuna contra la rabia. También, la validación del trabajo de este científico por los pares disciplinarios, fue patente cuando Pasteur es invitado a formar parte de la Academia Francesa en 1881. Por su parte, las autoridades políticas hicieron lo propio para apoyar el desarrollo de la microbiología con el otorgamiento de premios, medallas, distinciones y el apoyo económico para construir el primer polo de formación en el caso de la microbiología en Francia, precisamente en el Instituto que lleva el nombre de Pasteur. Pero se desconoce el marco de tensión que vivió este científico francés con sus pares y con la comunidad de veterinarios de la época quienes pusieron en tela de juicio sus trabajos sobre el control de la Rabia.

Se sabe también que el tema del hambre en el mundo, luego de la Segunda Guerra Mundial colocaron los trabajos en genética de plantas en primer plano. Los gobiernos hicieron acuerdos de colaboración. Las asociaciones y empresas privadas invirtieron su dinero en maquinaria, formación de cuadros, difusión y comercialización de los resultados. Estados Unidos fue el referente en la formación de cuadros en este campo. El ingeniero agrónomo genetista Norman Borlaug recibió la más alta presea de los nuevos tiempos: el premio Nobel de la Paz en 1970, por los avances generados en la *Revolución Verde*. Pero se desconocen los espacios de tensión entre los científicos que proponen otros esquemas para atender el tema del Agro.

Se sabe también que, en las etapas subsecuentes este esquema se repite pero a nivel más competitivo; cuando los trabajos sobre la manipulación celular de los organismos vivos empezaron a tener varias aplicaciones en temas prioritarios como salud, alimentos, medio ambiente, por ejemplo.

En efecto, en el campo de la Biotecnología, particularmente las investigaciones sobre manipulación de ADN, presentan muchos de los aspectos destacados por Gibbons (1997) como parte de las transformaciones en la manera de hacer



ciencia en el Modo 2: lleva a la asociación de grandes laboratorios, confluyen investigadores de varias disciplinas, converge la utilización de nuevas técnicas de análisis y los instrumentos de punta, se establecen redes de colaboración internacional en función de objetivos puntuales; se observa la articulación orgánica de actores interesados en los hallazgos generados. Es decir, su intervención desde la delimitación del problema y el financiamiento de la investigación, hasta la producción masiva de las aplicaciones del conocimiento generado para resolver el problema de origen.

En el plano científico los descubrimientos sobre la manipulación del ADN en (1953), hasta 2012, han acumulado un total de 36 premios Nobel, dieron origen a nuevas áreas disciplinarias, a nuevos mercados científicos, de políticas de atracción de talentos y nuevos polos de formación.

Al igual que en las etapas precedentes, las investigaciones en el área de Biotecnología empezaron a tener mayor visibilidad frente a la sociedad, los empresarios y los políticos; lo cual favoreció a ampliar notablemente los nichos para el desarrollo y la aplicación del quehacer científico. La diferencia entre esta etapa y las anteriores fue que las dinámicas de validación del quehacer científico, entraron en un terreno de competitividad más agresivo, donde el quehacer científico compite, hoy en día por lo urgente, lo rentable, lo legal y lo social. Es a partir de ese momento donde la línea entre lo social y lo cognitivo se vuelve más delgada, cuando el papel de los actores externos y los elementos coyunturales intervienen en la validación de las formas, los contenidos y los resultados del quehacer científico.

Como se observó a lo largo de este trabajo, el descubrimiento del ADN reveló que hoy en día, para ser visible en el campo de la ciencia y llevar a cabo proyectos de investigación es necesario establecer nuevos acuerdos: 1) a nivel disciplinario para la delimitación del objeto de estudio; 2) a nivel instrumental para la utilización de técnicas e instrumentos para la producción y aceleración de los hallazgos científicos; 3) para el establecimiento de redes de colaboración internacionales, (referidas ya por Gibbons, 1997); y 4) la búsqueda de acuerdos con diferentes actores en diferentes latitudes del mundo (gobiernos, las universidades y el sector privado) para la realización de mega proyectos que acorten la distancia y los tiempos de la aplicación de los

resultados de las investigaciones. Dejando al descubierto a los países, los colectivos y los individuos que no poseen los elementos cualitativos ni cuantitativos para participar en este cambio de dinámicas en la construcción de la ciencia (Weber 1984, Bourdieu, 2000).

En efecto, con la revisión de la literatura sobre el desarrollo de la Biotecnología, algo quedó claro: después de la Segunda Guerra Mundial el quehacer científico tiene un valor de uso, pero también ha sido fuente de la acumulación de riqueza a través de la producción a gran escala de sus aplicaciones, es decir, se convierte en mercancía que puede ser intercambiada en el mercado. Por tanto para comprender el desarrollo de este campo de conocimiento es importante considerar el papel de los científicos, los políticos, la sociedad y las empresas interesadas en la generación, la utilización y la comercialización de los hallazgos. Es por eso que el desarrollo de la ciencia y precisamente de la Biotecnología, deja de ser un asunto puramente del ámbito científico-académico, y se convierte en un asunto prioritario por los aportes que ésta puede ofrecer a la solución de problemas de orden global, que lleva a los gobiernos interesados a construir mapas y políticas para el posicionamiento político y económico de la producción del conocimiento.

Este hecho, no es menor cuando se empieza a relacionar con los espacios geográficos donde se producen los mayores avances -principalmente del cono norte- con el surgimiento de empresas de gran tamaño, que van influyendo tanto en la agenda de investigación de los laboratorios privados como en el de las universidades para que su trabajo sea visible, legitimado y financiado. Este tema no es trivial cuando se empieza a relacionar con la generación de políticas de atracción de talentos y el surgimiento de nuevos espacios dispensadores de conocimiento, dejando al descubierto a los países y a las comunidades con menor infraestructura para el desarrollo de la ciencia, y generando así modelos de dependencia. Este asunto es muy delicado son los grandes consorcios o los colectivos más consolidados quienes determinan qué es prioritario, que es rentable, lo susceptible de ser estudiado (Kogan, 2005; Kreimer, 2006).

En este escenario de alta competitividad, México entra de lleno al campo de la Biotecnología partir de 1974. Siguiendo la matriz de análisis de este trabajo se pudo observar que la construcción y validación de la ciencia es una actividad social, actividad realizada por comunidades concretas, donde la producción de conocimiento y la validación del quehacer, más que producto del genio o creatividad de sujetos aislados, es el resultado de la confluencia del genio y la creatividad de los actores para dar respuesta a eventos contextuales coyunturales, que abren oportunidades para redefinir las miradas previas sobre los fenómenos, permiten influir en la toma de decisiones, establecer alianzas dentro y fuera de las comunidades científicas. Todos estos elementos influyen en el reconocimiento y asignación de prestigio a las instituciones y países donde se llevaron a cabo las trayectorias formativas, se desarrollan las trayectorias profesionales y se construyen redes de colaboración.

Como se demostró en este trabajo existen tensiones en los distintos niveles de agregación social en que participan los investigadores, que sirven a la vez como impulso para el avance del conocimiento, como para la integración con otros actores en la sociedad. En el ámbito interno: disciplinario y del campo, entendido como comunidad científica de referencia (validación interna); y otro social externo, asociado con los posibles beneficios y efectos de la aplicación (desarrollo tecnológico), así como de la generalización de las alternativas de solución propuestas. Este ámbito engloba el contexto económico, político e institucional en el cual se lleva a cabo el quehacer científico, que representa la fuente de validación externa del quehacer científico.

En el ámbito interno disciplinario, las tensiones entre los individuos y de los integrantes de distintos colectivos giran alrededor de la búsqueda de prioridad en los descubrimientos y la lucha por contar con los recursos e instrumentos necesarios para llevar a cabo el quehacer científico.

En el presente estudio se observó que el desarrollo de la Biotecnología en México proviene de la relación estrecha -y de larga data- entre las comunidades científicas nacionales con sus pares internacionales. Primero con la presencia de investigadores extranjeros en las aulas de las universidades de más larga tradición o en proyectos de investigación puntuales y después con la formación de cuadros en el extranjero.

En cuanto a las trayectorias formativas, los primeros biotecnólogos en el país (los pioneros), siguieron el consejo de sus maestros y, aquellos que tuvieron la oportunidad de realizar sus estudios en el extranjero, fueron a formarse en las instituciones y los países propuestos por sus tutores.

En este primer momento el apoyo financiero para realizar estudios era incipiente, sólo aquellos que trabajaron en proyectos con fundaciones internacionales, como el COLPOS y la fundación Rockefeller, tuvieron acceso a recursos para llevar a cabo sus estudios doctorales en las universidades pactadas de Estados Unidos. En el caso de los investigadores de los colectivos restantes, los acuerdos personales, el apoyo de las instituciones donde trabajaban o la búsqueda de apoyos en instituciones extranjeras fungió como elemento recurrente para asistir a los espacios donde se estaba produciendo el conocimiento de frontera. Particularmente lo relativo al desarrollo de la Biotecnología moderna con el descubriendo del ADN. A nivel global, en este primer grupo el polo de formación con mayor peso sería los Estados Unidos, en segundo lugar, Francia e Inglaterra, todos ellos espacios generadores de conocimiento de frontera

En las generaciones subsecuentes, segundo y tercer período de este análisis, apoyadas por la información acumulada en los colectivos, las redes de sus profesores, las políticas internacionales de atracción de talentos, las políticas nacionales de formación de cuadros del CONACYT y los temas de investigación que desarrollaron durante sus estudios iniciales, llevaron a sus integrantes a formarse en nuevos espacios. Por lo cual, se constata que la elección de los polos de formación, siguieron principalmente una lógica disciplinaria: cambian y se diversifican en función de la evolución del campo, la existencia de instrumentos, las condiciones geográficas y las políticas de atracción de talentos.

Si en un principio: Francia, Estados Unidos eran polos de referencia en el caso de la Biotecnología; en la actualidad, lugares como Suiza, Australia, Israel, Japón y México aparecen en el mapa de formación de recursos humanos. En la lógica de planeación de las políticas nacionales este hecho no es trivial, ya que si en un primer momento la formación de cuadros en el extranjero resultó fundamental para la consolidación de la masa crítica, más adelante los

programas como PROMEP y PNPC, fortalecieron la educación superior y abrieron oportunidades de formación doctoral *in situ*.

En términos de validación de las trayectorias formativas, se mostró que, a nivel global, el origen del diploma de los fundadores de los colectivos de investigación sí tiene un peso importante en el acceso a los niveles más altos dentro de la valoración del SNI. Esto sin embargo, se explica al menos parcialmente por dos factores, la falta de oferta nacional de posgrados y la longitud de las trayectorias (tanto por edad, como por tiempo transcurrido después de obtener el doctorado), que se asocian con distintos niveles de productividad y reconocimiento de pares. En el caso de las generaciones subsecuentes, México se convierte en lugar relevante para la formación de cuadros, pues el 40% de los investigadores del segundo y tercer período se formaron en el país; el origen del diploma en el extranjero resulta relevante cuando éste se asocia a los hallazgos generados y a las redes de colaboración internacionales de las nuevas generaciones. Las cuales, en el ámbito científico, son percibidas a través del impacto de las publicaciones científicas.

En cuanto al análisis de las trayectorias profesionales, escenario de tensión entre los colectivos de investigación para llevar a cabo el desarrollo de la actividad científica, emerge una nueva arena de lucha dentro de los colectivos analizados, aunque su relevancia no es idéntica entre ellos, sino diferenciada.

En este espacio social disciplinario se encontró que las características de las instituciones donde laboran los investigadores, las reglas internas de funcionamiento y la influencia de las políticas públicas imprimieron un cambio en las prácticas de los investigadores luego de que el gobierno federal iniciara la regulación del SES y disminuyera el apoyo a las universidades en 1980.

La crisis financiera que atravesaba el país en los años 80 llevó a las universidades a establecer mecanismos de deshomologación salarial. A partir de entonces aquellos investigadores que quisieran tener obtener mayores ingresos dentro de las instituciones de educación superior tenían que tener el título de doctor, y realizar diversas actividades como participar en la formación de cuadros, investigación, vinculación y difusión (nacional e internacional) de los hallazgos generados. Por su parte, el gobierno federal, instrumentó programas para el acceso al financiamiento extraordinario, para llevar a cabo el quehacer científico, en función de proyectos y resultados.

Los procesos de adaptación de estos colectivos a los cambios generados luego de las políticas de evaluación y distribución de recursos fueron de manera diferenciada. Por ejemplo en los colectivos como el DBT-UAMI, IBT-UNAM y el CINVESTAV- I, instituciones de reciente creación, las formas de organización interna les permitieron instrumentar mecanismos para hacer frente a los nuevos cambios. A través de la jerarquización de los proyectos de investigación, el trabajo en equipo y la participación en proyectos de investigación que les permitiera continuar en su quehacer científico.

En el caso del DBT- UAMI, en un principio, los recursos para la investigación vinieron de proyectos de investigación con la OEA, Canadá y la Comunidad Europea y a nivel local de programas como el PROMEP.

En el caso del IBT-UNAM y el CINVESTAV-I los trabajos de investigación en temas prioritarios representan una carta fuerte en el momento de competir por recursos tanto a nivel interno (como el caso de DGAPA en la UNAM) a nivel nacional, regional o internacional.

En el caso particular del COLPOS-M, institución en la cual convergen dos paradigmas en competencia y una estructura burocrática pesada, los procesos de adaptación han sido lentos y diferenciados. Todo esto, como se vio a lo largo de esta tesis, en función del nicho de aplicación de los conocimientos y de las alianzas establecidas con el sector científico, económico, político y social.

La instrumentación de las políticas fue favorable para aquellas instituciones que contaron con las características necesarias para participar (masa crítica, equipo, instrumentos, redes, etc.) y que mostraron una rápida capacidad de adaptación a los cambios (como el DBT-UAMI, CINVESTAV-I y el IBT-UNAM) estuvieron en condiciones de recibir los beneficios de los recursos federales y mantenerse vigentes en el campo. Lo cual nos remite al *efecto Mateo* aplicado a la producción de la ciencia (Merton, 1977), en cuanto a que sólo aquellas instituciones que poseen los elementos cualitativos y cuantitativos pueden competir ventajosamente en el campo. Sin embargo, en todos los casos la alianza entre los actores externos a la ciencia, para acceder a recursos financieros y llevar a cabo el quehacer científico, implica cambios en el *ethos* científico (negociador y administrador de bienes), la adopción de temas de investigación y reglas para la realización el trabajo científico en función de los

intereses de los actores externos y por lo tanto: la limitación de los márgenes de autonomía en el quehacer científico.

A nivel intergrupar, los procesos de validación científica, relativos a las tensiones generadas entre los colectivos por la prioridad del descubrimiento, la visibilidad y validación del quehacer científico por los pares disciplinarios, se hizo evidente a través de la colaboración en las publicaciones científicas. El presente análisis dio constancia de la existencia de números, temáticas, impacto, público destinatario de dichas comunicaciones y estrategias diferenciadas para la difusión de los hallazgos científicos.

Por ejemplo, a diferencia del DBT-UAMI, CINVESTAV-I y el IBT-UNAM, quienes escriben en inglés publican en mayor medida en revistas indexadas y su público principal es la comunidad disciplinaria internacional, con el objetivo de mantenerse presentes en la discusión vigente dentro del campo. En estos grupos opera con mayor peso la premisa *publish or perish* (publicar o perecer); el COLPOS-M, muestra una dinámica diferenciada. Además de tener como destino la comunidad científica, el COLPOS-M al igual que DBT-UAMI, desarrolla aplicaciones del conocimiento a la solución de problemas y difunde sus hallazgos entre los usuarios directos de la ciencia: los agricultores y pequeños productores del sector agro alimentario. Lo cual habla de cómo la diferenciación de objetivos y formas de articulación con el contexto afectan los niveles de visibilidad de estos cuatro colectivos y permite entender el peso de los marcos ético normativos, tanto opciones en relación a valores, como las reglas no escritas, en la conformación de estrategias de cada colectivo. No solo la frontera del conocimiento, sino la delimitación del objeto y los vínculos con las comunidades de referencia rigen la selección de proyectos, las alianzas para el desarrollo de investigación, así como las formas y destinatarios de la producción de conocimiento logrado en los distintos grupos.

En cuanto a las temáticas abordadas por los colectivos estudiados, y que tienen que ver con el valor de uso que adquieren los conocimientos generados en el ámbito externo, fue interesante observar los márgenes de estratificación entre los colectivos estudiados a partir de los temas de investigación y los cortes generacionales. Aquellos colectivos cuyos temas de investigación son susceptibles de ser comercializados por compañías internacionales (fármacos y alimentos por ejemplo) los espacios de tensión, las redes de colaboración y

visibilidad son macroregionales. Por el contrario aquellos investigadores cuyos temas y redes de investigación son locales, los impactos son menores. Por lo que la asimetría existe tanto en las diferentes generaciones de investigadores de un mismo colectivo, como entre los colectivos analizados.

Parafraseado a uno de los investigadores entrevistados: *En la producción del conocimiento hay de fronteras a fronteras*, todo depende de los insumos, los temas, el público de destino y las alianzas generadas.

En el caso de la visibilidad de los colectivos analizados se observó que los enlaces establecidos por los investigadores que realizaron estancias (formativas o profesionales) de larga duración en el extranjero, principalmente los pioneros y los herederos, tienen los elementos para competir en proyectos y redes internacionales, lo cual aumenta su visibilidad y posibilidades de contribución significativa en el campo. Lo cual refiere a los márgenes de estratificación que se dan entre los investigadores en función de la edad y el prestigio obtenido en el campo, elementos asociados a la acumulación de capitales, bienes y características de los individuos (Weber, 1997), capitales científicos y políticos acumulados (Bourdieu, 2000).

A este respecto vale la pena mencionar que, a contracorriente de las políticas públicas, sobre la insistencia de la institucionalización de las redes de colaboración como una forma de producción de conocimiento, la dinámica de las redes de colaboración en Biotecnología, son producto de relaciones informales entre los investigadores. Estas redes han sido utilizadas para difundir sus conocimientos (revistas, artículos, coloquios, libros, patentes), para llevar a cabo su quehacer científico (becas, apoyos financieros para la adquisición de equipos), para la formación de cuadros (procesos de movilidad), para posicionar a sus egresados dentro de puestos de trabajo significativos y para el establecimiento de vínculos con actores fuera de la académica en la búsqueda de recursos, infraestructura productiva y comercialización para la aplicación de los conocimientos científicos.

Como parte de mi hipótesis de inicio, mencioné que la construcción y la legitimación de la ciencia, no surge en el vacío, ni en espacios aislados sino que es el producto de acciones concretas de actores: los hacedores de la ciencia en un contexto dado.



Este trabajo me permitió observar que efectivamente, los científicos se encuentran insertos en contextos particulares, que van determinando su carrera científica en función de contextos, espacios físicos y geográficos, momentos históricos, establecimiento de vínculos que ofrecen oportunidades/limitaciones, para llevar a cabo su quehacer de investigación.

En el caso particular de la legitimación que se da al quehacer científico por los actores ajenos a la ciencia, y que provienen de ámbitos políticos, económicos, o sociales; se reconoció un interés particular de los tomadores de decisiones y las instancias financiadoras interesadas en difundir y comercializar los hallazgos científicos, principalmente en los trabajos relacionados con el tema de salud, medio ambiente y agroalimentario.

Sin embargo, un tema que aún queda en la mesa de discusión para investigaciones posteriores, y que forma parte de la fortaleza y debilidad de este campo en construcción en el tema de la visibilidad; es el hecho de que las aplicaciones de la Biotecnología, a diferencia de otras disciplinas, atañe directamente a la sociedad civil en aspectos delicados como es el tema de la salud, la producción de alimentos y la calidad del medio ambiente.

Este tema que atañe el ámbito de lo ético y de lo legal ha sido objeto de la observancia de investigadores en competencia y de asociaciones civiles lo cual pone en la mesa de discusión los hallazgos generados por los investigadores de esta disciplina.

Conscientes de este fenómeno los investigadores han tomado rumbos encontrados: algunos han buscado legislar sobre el uso de estos productos (Cibiogen por ejemplo) y otros han buscado convertirse en actores sociales y difundir los riesgos que implica el uso de las aplicaciones comerciales de estas aplicaciones. En ambos casos, los espacios de visibilidad, los nichos de acción y las redes que se tejen para estos fines, convierten a los investigadores en actores político sociales.

## BIBLIOGRAFIA

- Aboites, Hugo (1997). *Vientos del Norte. TLC y Privatización de la Educación Superior en México*. México: Plaza y Valdéz.
- Aguilar-Aboites, Luis (2008). "El Ultimo Tramo: 1929-2000" en Escalante Gonzalbo et al (2008) *Nueva Historia mínima de México Ilustrada*. México: Colegio de México.
- Aceves Pastrana, Patricia (2013). "La profesionalización de una farmacia académica en México (siglos XIX-XX), en: *La institucionalización de las Disciplinas Científicas en México*, Kleiche- Dray, Mina, Judith Zubieta García y María Luisa Rodríguez –Sala (coord.). México: IRD y IIS- UNAM.
- Acosta Silva, Adrián (1997). *Estado Políticas y Universidades en un período de transición (1982-1994)*. México, Tesis de doctorado, México: FLACSO-México.
- Aguilar-Villanueva, Luis Fernando (1993). "Estudio introductorio," en *Problemas públicos y agenda de gobierno*. México: Porrúa.
- Alba, Francisco Ilán Bizberg, Lorenzo Meyer (2008). *Una Historia contemporánea de México: Actores*. México: Océano-Colegio de Mexico.
- Albornoz, Mario (1999). "Política científica". Consulta Octubre 2012. Disponible en <http://www.oei.es/ctsiima/albornoz.pdf>.
- (2002). Situación de la Ciencia y la Tecnología en las Américas. Buenos Aires: Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior de Buenos Aires, 55 pp. Consulta Noviembre 2013. Disponible en: [http://www.science.oas.org/Doc/Policy/Situacion\\_CT\\_Americas.pdf](http://www.science.oas.org/Doc/Policy/Situacion_CT_Americas.pdf).
- Albornoz, Mario, Matos Macedo, Mariano y Alfaraz, Claudio (2009). «Latin America», en *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia. El estado actual de la Ciencia en el Mundo*, cap. 4. UNESCO.
- Altusser, Louis 1977). *Crítica de la Ideología y Estado: notas para la investigación*, Buenos Aires: Cuervo.
- Alcántara, Armando et al (2008). *Doctoral Education in México*, Edit. Maresi Nerad and Mimi Heggelund. Seattle: University of Washington Press.
- Alvarez Mendiola, German (1999) "Tradiciones científicas y cambio organizacional en las ciencias sociales". *Sociológica*, núm. 41, septiembre-diciembre, 1999. México: UAM-A.

- (2004). "Cambios organizacionales en la educación superior y patrón de legitimación académica en México. Un estudio comparativo de tres casos." México: VII Congreso Nacional de Investigación Educativa.
- (2005). "Universidades públicas: la disputa por el financiamiento y los límites de las políticas." *Anuario educativo mexicano: visión retrospectiva*. México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Andión Gamboa, Mauricio. (2002). "Universidad nodo: modelo inteligente para la sociedad red," en Reencuentro. México: UAMX. Consulta Enero 2013. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34003502>.
- Angell, Marcia (2004). *The Truth About the Drug Companies: How They Deceive Us and What to Do About It*. New York: Random House.
- ANUIES (2000). Historia de la ANUIES, documento en línea. Consulta Diciembre 2013. Disponible en: <http://u2000.com.mx/676/676anuies.html>.
- Arancibia Gutierrez, Eliana (2013). "Políticas de ciencia y tecnología y construcción de capacidades regionales de producción de conocimiento. Un análisis del caso mexicano (1994-2012)." Ponencia presentada en el XV Congreso de Gestión Tecnológica Latino-Iberoamericana. Porto: ALTEC.
- Azuela, Luz Fernanda (2013). "Entre Geografía, Meteorología, y Astronomía, surgimiento de la Geología en el siglo XIX, en *La institucionalización de las Disciplinas Científicas en México*, Kleiche- Dray, Mina, Judith Zubieta García y María Luisa Rodríguez –Sala (coord.). México: IRD-UNAM.
- Barahona, Ana, Susana Piñar y Francisco J. Ayala (2003). *La Genética en México: institucionalización de una disciplina*. México: UNAM.
- Barnes, B. (1986). *Kuhn y las ciencias sociales*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bartolucci, Jorge (2000). *La modernización de la Ciencia en México: El caso de los astrónomos*. México: UNAM-CESU-Plaza y Valdés.
- Becher, T., y Trowler, P. R. (1996). *Academic tribes and territories: Intellectual inquiry and the culture of disciplines*. Philadelphia: The Society for Research into Higher Education–Open University Press.
- Ben David, J. y A. Zlockzower (1962). "University and academic systems in modern societies." Cambridge: European Journal of Sociology.
- Bolívar Zapata, Francisco (coord) (2004). *Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología*. México: AMC, IBT-UNAM, Colegio Nacional, Conacyt y CibioGem.

- Bourdieu, Pierre (1976). "El campo científico," en: *Los usos sociales de la ciencia*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- (1999). *Intelectuales, política y poder*. Buenos Aires: Eudeba.
- (2000). *Homo Academicus*. Paris: Minuit.
- (2001). *El oficio del científico, ciencia de la ciencia y reflexibilidad*. Barcelona: Anagrama.
- Bourdieu, Pierre y Jean-Claude Passeron (1998). *La reproducción: Elementos para una teoría del sistema de enseñanza*. México: Fontamara.
- Brunner, J. Joaquín (1990a). *Educación Superior en América Latina: cambios y desafíos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- (1990b). *Universidad, sociedad y Estado en los 90*. Caracas: Nueva Sociedad, No 107.
- Brunner, José Joaquín y Daniel Uribe (2007). Mercados Universitarios: Los nuevos escenarios de la educación superior, informe final del proyecto FONDECYT. Consulta Diciembre 2012. Disponible en <http://mt.educarchile.cl/MT/jjbrunner/archives/libros/Fondecyt/tEXT0140207F S.pdf>.
- Calderón Rosas, Ma. Teresa (2006). *La Universidad Autónoma de Chapingo ante el aseguramiento de calidad: un estudio de caso*, Tesis de maestría. México: DIE CINVESTAV.
- Canales, Alejandro (2009). "Universidades: el incentivo para investigar y la demanda profesionalizante", en H. Muñoz, (Coord.), *La Universidad pública en México*. México: SES-UNAM-Porrúa.
- Canedo, Leticia (2009). "Les Boursières de la Fondation Ford et la recomposition des sciences sociales brésiliennes" en *Cahiers de recherche sur l'éducation et les savoirs*, Num. 2. Paris: ARES.
- Casalet, Mónica (2007). *Cambios en la gobernabilidad del sector de Ciencia y Tecnología en México*. Santiago de Chile: ONU-CEPAL.
- Casas Guerrero, Rosalba (2001). *La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México*. México: Instituto de Investigaciones Sociales UNAM,
- (2003). "El enfoque de las redes y flujos de conocimiento" en Matilde Luna (coord.), *Itinerarios de conocimiento, Forma, dinámicas y contenidos. Enfoques de redes*. México: UNAM-Anthropos.

- (2004). "Ciencia, Tecnología y Poder. Elites y Campos de Lucha por el Control de las Políticas", en *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*. Consulta Abril 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=10503504>.
- Castaños-Lomnitz, Heriberta (coord.) (2004). *La migración de talentos en México*. México: Instituto de Investigaciones Económicas-UNAM-Porrúa.
- Cazés, Daniel, Eduardo Ibarra y Luis Porter (coord.) (2000). Reconocimiento a la Universidad, sus transformaciones y su porvenir. II. Evaluación, financiamiento y gobierno de la Universidad: el papel de las políticas. México: CEIICH-UNAM.
- Chavoya, Maria Luisa (1998). *La institucionalización de la investigación en la Universidad de Guadalajara*. Tesis de Doctorado en Educación. Programa de Doctorado Interinstitucional en Educación. México: PIIES-Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- (2001). "Organización del trabajo y culturas académicas, estudios de dos grupos de investigadores de la Universidad de Guadalajara", en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, enero-abril, Vol. 6, Núm. 11. México: COMIE.
- (2009). "Producción del conocimiento y redes. Estudio sobre las coautorías en la investigación Educativa Mexicana en el período 1992-2002, el caso de la Universidad de Guadalajara" en *Redes, comunidades, grupos y trabajo entre pares en la Investigación Educativa*. México: UNAM-Plaza y Valdés.
- Clark, Burton (1991). *El sistema de educación superior: una visión comparativa de la organización académica*. México: Nueva Imagen-UAM Azcapotzalco.
- Collazo, Francisco, (2012). "Surgimiento las prácticas científicas de colaboración en la ciencia mexicana con cobertura en los índices internacionales," en REDES vol 19, Núm. 17.
- CONACYT (2011). Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología. México: SEP.
- CONACYT (2012). Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología. México: SEP.
- Crane, Diana (1972): "Invisible Colleges: Diffusion of Knowledge in Scientific Communities." Chicago: University of Chicago Press.

- COPAES (2000). Manual de Procedimientos para el Reconocimiento de Organismos Acreditadores de programas académicos de Nivel Superior: Consulta Marzo 2013. Disponible en: [http://www.copaes.org.mx/documentos/Documentos/2\\_Manual\\_procedimientos.pdf](http://www.copaes.org.mx/documentos/Documentos/2_Manual_procedimientos.pdf).
- COLPOS (2012). Informe de autoevaluación 2012.
- Crozier, Michel y Erhard Friedberg (1990). *El Actor y el sistema: las restricciones de la acción colectiva*. México: Alianza Editorial Mexicana.
- Cuevas Cardona Consuelo e Ismael Ledesma Mateos (2006). "Alfonso L Herrera: Controversia y debates durante el inicio de la Biología en México": Consulta en Enero 2014. Disponible en [http://www.academia.edu/4328957/Alfonso L. Herrera controversia y debates durante el inicio de la biologia en Mexico](http://www.academia.edu/4328957/Alfonso_L._Herrera_controversia_y_debates_durante_el_inicio_de_la_biologia_en_Mexico).
- De la Rosa, Prieto Manuel (2011). *Microbiología en ciencias de la Salud: Conceptos y aplicaciones*. España: Elsevier.
- De Vries, Wietse (1998). *El exorcismo de diablos y ángeles. Los efectos de políticas públicas sobre el trabajo académico*. México, Tesis Doctoral. México: Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades.
- D' Onofrio. María Guillermina (2010). "Indicadores de trayectorias científicas y tecnológicas e índices de producción de los investigadores iberoamericanos. Ponencia elaborada del II *Encuentro Iberoamericano de Editores Científicos EIDEC* 2010. Buenos Aires. Consulta Octubre 2013. Disponible en [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3342036.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3342036.pdf).
- Didou, Sylvie (2005). "¿Medir para conocer o para regular?: Evaluación y acreditación de la Educación Superior en México," en Revista *Avance y Perspectiva: Evaluación*. México: DIE CINVESTAV-IPN.
- Didou, Sylvie y Eduardo Remedi (2008). *De la pasión a la profesión*. México, Casa Juan Pablos.
- (2009) *El sistema Nacional de Investigadores: veinticinco años después La comunidad científica entre distinción y la internacionalización*. México: ANUIES.
- Didriksson Takayanagui, et al. (2009). *De la privatización a la mercantilización de la Educación Superior*. México: UNAM IISUE.

- Domínguez Martínez, Raúl (2013). "De la física en el Colegio de Minería a la ciencia en el Instituto de Física de la UNAM," en *La institucionalización de las Disciplinas Científicas en México*, Kleiche- Dray, Mina, Judith Zubieta García y María Luisa Rodríguez –Sala (coord). México: IRD y IIS- UNAM.
- Etzinga, Aant y Andrew Jamison (1996). "El Cambio de las agendas políticas en Ciencia y Tecnología", en *Revista Zona Abierta* 75/76, Madrid. Consulta Mayo 2012. Disponible en [http://www.politicasciti.net/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=28&limit=10&limitstart=0&order=name&dir=DESC&Itemid=51&lang=es](http://www.politicasciti.net/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=28&limit=10&limitstart=0&order=name&dir=DESC&Itemid=51&lang=es).
- Fleet, Nicolás (2009). "Razón y dominación: La legitimidad en Weber como orientación simbólica de la acción política", en *Revista Austral de Ciencias Sociales*. Consulta Agosto 2013. Disponible en <[http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-17952009000100002&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-17952009000100002&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-1795.
- Flores, Edmundo (1972). *Desarrollo Agrícola*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Flores Valdez (2005). "Una reflexión sobre el sistema Nacional de Investigadores, a 20 años de su creación". Foro Consultivo Científico y la Academia Mexicana de las Ciencias. Consulta Enero 2013. Disponible en <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/libros-publicados/politicas-en-cti/945-una-reflexion-sobre-el-sistema-nacional-de-investigadores-a-20-anos-de-su-creacion>
- Foro Consultivo (2012). *Series Históricas del Gasto en Ciencia, Tecnología e Innovación en México*. Consulta en Marzo. Disponible en: <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/acertadistico/ciencia-tecnologia-e-innovacion/1417-series-historicas-del-gasto-en-ciencia-tecnologia-e-innovacion-en-mexico>.
- Fortes, Jacqueline y Larissa Lomniz (1992). *La formación del científico en México: adquiriendo una nueva identidad*. México: UNAM- Siglo XXI.
- Fuentes Molinar, Olac (1989). *Educación y Política en México*. México: Nueva Imagen.
- García de Fanelli, A., Kent, R., Alvarez, G., Ramirez, R.,& Trombetta, A. (2001). *Entre la academia y el mercado. Posgrados en ciencias sociales y políticas públicas en Argentina y México*. México: ANUIES.
- García-Guadilla, Carmen (2004). *El difícil equilibrio: La educación superior como bien publico y comercio de servicios*. España: Universidad de Castilla la Mancha. Consulta Octubre 2013. Disponible en: [http://www.carmengarciaguadilla.com/libros/04EL\\_DIFICIL\\_EQUILIBRIO.pdf](http://www.carmengarciaguadilla.com/libros/04EL_DIFICIL_EQUILIBRIO.pdf).



- García-Guadilla, Carmen (2005). "Tensiones y transiciones: Educación superior latinoamericana en los albores del tercer milenio." Caracas: CENDES y Nueva Sociedad. Consulta Octubre 2012. Disponible en <http://www.carmengarciaguadilla.com/01libros.html>.
- García Jr. Afranio (2010). "Études internationales et renouveau des modes de pensée et des institutions politiques: Le cas du Brésil", en *Cahiers de la recherche en l'éducation et les Savoirs*, No. 9. Paris: Edit ARES.
- García y Domínguez (2003). *Las hélices paralelas: una visión crítica de la era genómica y postgenómica*. Colombia: Universidad del Valle.
- Gastron Liliana y María Julieta Oddone (2008). "Reflexiones en torno al tiempo y el paradigma del curso de vida", en *Revista Perspectivas en Psicología*. Vol.5 N. 2, Noviembre. Vina del Mar: Facultad de Psicología de la Universidad del Mar de la Planta.
- Gérard, Etienne y Laurence Proteau (2008). "Les conditions sociales de la promotion universitaire: héritiers, pionniers et étudiants d' avant garde," en *Mobilités étudiants Sud Nord: trajectoires scolaires des Marocains en France et insertion professionnelle au Maroc*. Paris: Publisud.
- Gérard, Etienne y Rocío Grediaga (2009). «¿Endogamia o exogamia científica? La formación en el extranjero, una fuerte influencia en las practicas y redes científicas, en particular en las ciencias duras», en S. Didou et E. Gérard (eds.). *Fuga de cerebros, movilidad académica y redes científicas*. México: ISEALC-CINVESTAV-IRD.
- Gérard Etienne y Estela Maldonado (2009). "'Polos de saber' y cadenas de saber." Un análisis del impacto del proceso de movilidad académica entre México y el extranjero." *Revista de la Educación Superior*. México: ANUIES
- Gérard, Etienne y Jean François Cornu (2013) *Dynamiques de mobilité étudiante Sud- Nord: une approche par les poles internationaux de formation de l' élite scientifique mexicaine* en *Cahiers québécois de démographie*. Vol 42. Núm 2. Montreal.
- Gibbons, Michael et al. (1997). *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor.
- Gil Antón, M. et al. (1994). *Los rasgos de la diversidad: un estudio sobre los académicos mexicanos*. México: UAM.
- Gil Anton, Manuel. (Coord.) (2005). *La carrera académica en la Universidad Autónoma Metropolitana: Un largo y sinuoso camino*. México: UAM.



- Gil-Anton, Manuel (2010). "El oficio académico: los límites del dinero", en *Los grandes problemas de México*, Vol. 7. México: Colegio de México.
- Gliessman, Stephen (2002). *Agroecológica: procesos ecológicos en agricultura, sustentable*, Costa Rica: Turrialba.
- Goeddel, V. David et al. (1979). "Expression in *Escherichia coli* of chemically synthesized genes for human insulin," en *Biochemistry*, Vol, 76.No. 1, pp106-110. USA.
- Gómez-Carrasquel, Rosario (2006). "El Proyecto Genoma Humano en USA: Impacto económico, ético y Social." Edición electrónica en [www.eumed.net/libros2006a/rgc/](http://www.eumed.net/libros2006a/rgc/).
- Gonzalez Astorga, Jorge (2001). "Breve cronología de la Genética" en *Ciencias*, Núm 63, Julio. México: CONACYT.
- Grediaga, Rocío (1998). "Cambios en el sistema de recompensas y reconocimiento de los académicos en México. Estudio exploratorio en cuatro comunidades disciplinarias" *Revista Mexicana de la Educación Superior*, No. 109, noviembre-diciembre 1998. México: ANUIES.
- (2000). Introducción al No 41 de la *Revista Sociológica*, especializado en temas relacionados con la profesión académica y la educación superior al fin de siglo y coordinación de los materiales que se presentan en la misma. Enero-marzo 2000.
- Grediaga, Rocío et al (2004). *Políticas Públicas y cambios en la Profesión Académica en México en la última década*, México: ANUIES.
- Grediaga, Rocío y Estela Maldonado (2010). "Polos de formación y Políticas Públicas: Un primer acercamiento a la reconstrucción de las Trayectorias de formación de los científicos mexicanos. México: XI Congreso Nacional de Investigación Educativa.
- (2012). "Une première approche de la reconstruction des principaux poles internationaux de formation des scientifiques mexicains a partir de 1984 », en *Cahiers de la Recherche sur l'Education et les Savoirs* No.11/2012. Revue internationale de sciences sociales. Paris, IRD.
- Grediaga, Rocío, et al. (2012). "Evolución del posgrado y algunos resultados de la formación de recursos humanos de alto nivel en el país" en: *Socialización de la Nueva Generación de investigadores en México*. México: ANUIES.

- Grediaga, Rocío y Mónica López Ramírez (2012). "Niveles de consolidación de los programas de estudio" en: *Socialización de la Nueva Generación de investigadores en México*. México: ANUIES.
- Gudiño-Cejudo, María Rosa, et., al (2013). La Escuela de Salud Pública de México: su fundación y primera época, 1922-1945 Salud Pública de México. Consulta Diciembre 2013. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10625594009>> ISSN 0036-3634.
- Guevara Fefer, Rafael (2009). "El Biólogo Enrique Beltrán Castillo. Un científico humanista del siglo XX," incluido en Ambrosio Velasco Gómez, Humanidades y crisis del liberalismo del Porfiriato al Estado posrevolucionario. México: FFyL- UNAM.
- Gutiérrez Serrano, Georgina (2009). "Comunidades especializadas en la Investigación Científica y Producción de conocimiento," en *Redes, comunidades, grupos y trabajo entre pares en la Investigación Educativa*. México: UNAM-Plaza y Valdés.
- Guzik Glantz, Ruth (2009). Relaciones de un científico mexicano con el extranjero: el caso de Arturo Rosenblueth. México: *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 2009, Vol., 14.
- Hamui, Mery. (2008). La identidad en la conformación del ethos: el caso de un grupo científico de investigación sobre relaciones internacionales de una institución de educación superior, en *Revista Sociológica* Vol. XXVI, num. 1, enero-abril. México: Colegio de México.
- Herrera, Amílcar (1971). "Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita," en *Desarrollo Económico*, Vol. 13, núm. 49. México: REDES.
- Ibarra Colado, E. (2002). "La nueva universidad en México: Transformaciones recientes y perspectivas" en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, enero –abril, Vol. 7, número 14, pp.75–105. México: COMIE
- Iyanga, Pendi Augusto (2000). *Historia de la Universidad en Europa*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Izquierdo, Isabel (2008). "Los talentos mexicanos en movimiento y las redes de conocimiento," en *Trayectorias, Revista de Ciencias Sociales*, Vol. X, Núm. 27, pp. 100–110. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Izquierdo Isabel (2009). "Los científicos extranjeros en la UNAM." Texto consultado en Mayo 2010 en el sitio: [www.comie.org.mx/congreso/.../v09/.../at04/PRE1178300605.pdf](http://www.comie.org.mx/congreso/.../v09/.../at04/PRE1178300605.pdf).

- Kant, Emanuel (2012) *El conflicto de las facultades*. Madrid: Alianza
- Kent, Rollin, et al. (1998). "El Financiamiento público de la educación superior en México: La evolución de los modelos de asignación financiera en una generación," en *Tres décadas de políticas del Estado en la educación superior*. México: ANUIES.
- Kent, Rollin, et al. (2010). Training Trajectories of Young Scientist: Institutional and Disciplinary Configuration of PhD Programa in Mexico". Ponencia presentada en el XVII ISA World Congress of Sociology: 17, Session 14, *Global Structures. Scientific Cultures*, Gothenburg, Suecia.
- Kleicher- Dray, Mina y Rosalba Casas-Guerrero, (2008). "La institucionalización de un campo científico: El caso de la Química en México en el siglo XX," en *Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*. Núm.14. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Knorr Cetina, K. (2005). *La fabricación del conocimiento: un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Kogan, Maurice (2005). "Modes of Knowledge and patterns of power." USA: Higher Education, Vol. 49, No. 1-2.
- Kreimer, Pablo (2003). "Conocimientos científicos y utilidad social", en *Ciencia, Docencia y Tecnología*, nº 26, año XIV. Consulta Marzo 2010. Disponible en: <http://www.revistacdyt.uner.edu.ar/>
- (2006). "Dependientes o integrados. La ciencia latinoamericana y la división internacional del trabajo" en *Nómadas-CLACSO*, Nº 24, ISSN: 0121-7550. Documento consultado en Mayo 2012 en : <http://escyt.unq.edu.ar/index.php/k/>
- (2007). "Conocimiento científico y problemas sociales: ¿quién construye a quién?. Una discusión general y un ejemplo particular: la enfermedad de Chagas", en Sarti, I. (ed.) *Ciencia, política e sociedade. As Ciências Sociais na América do Sul*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul –SBPC.
- Kreimer, Pablo, y Ugartemendía, Victoria (2008). "Ciencia en la Universidad: dimensiones locales e internacionales. Mecanismos de reproducción de la investigación en grupos universitarios de la Argentina". *Atos de Pesquisa em Educação*, v. 2, Núm. 3: Universidad de Blumenau.
- Kreimer, Pablo y Dora Corvalán (2009). "20 años no es nada. Conocimiento científico, producción de medicamentos y problemas sociales," en *Desarrollo Económico* Vol. 49 Núm. 193. Buenas Aires: IDES.

- Kuhn, T.S. (1977). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Landesman, Monique (2001). "Trayectorias académicas generacionales: constitución y diversificación del oficio académico. El caso de los Bioquímicos de la Facultad de Medicina" en *Revista Mexicana de Investigación Educativa* Vol. VI, Núm. II. México: COMIE.
- Latapi, Pablo (1994). Asimetrías educativas ante el TLC. México, *Banco Nacional de Comercio Exterior. Comercio Exterior*, vol 44. N. 3. Marzo, pp 199- 204. México: SCE.
- Latour, Bruno y S. Woolgar (1995). *La vida en el Laboratorio*. Madrid: Alianza.
- Latour, Bruno (2012). *Enquête sur les modes d' existence. une anthropologie des Modernes*. Paris: La Découverte.
- Lax, Eric (2004). *The Mould in Dr. Florey's Coat*. Londres: Abacus.
- Ledesma Mateos, Ismael (2013). "La Biología y los biólogos en México". en *La institucionalización de las Disciplinas Científicas en México*, Kleiche- Dray, Mina, Judith Zubieta García y María Luisa Rodríguez –Sala (coord). México: IRD y IIS- UNAM.
- Levy, Joel, (2000). *Rivalidades Científica: de Galileo al Genoma Humano*. Madrid: Paraninfo.
- Luchilo, Lucas (2010). (comp.). *Formación de posgrado en América Latina. Políticas de apoyo, resultados e impacto*. Argentina: Eudeba.
- Lomnitz, Larissa (2009). "El congreso científico como forma de comunicación" en *Redes, comunidades, grupos y trabajo entre pares en la Investigación Educativa*. México: UNAM-Plaza y Valdés.
- Lobato, Odette, Garza, Eduardo de la. (2009). "La organización del cuerpo académico: las premisas de decisión, colegialidad y respuesta grupal: Un acercamiento desde su autorreferencialidad," en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Consulta: Marzo 2013. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14004010> ISSN 1405-6666.
- López Zarate, Romualdo (1996). *El financiamiento de la educación Superior 1982-1994*. México: ANUIES.
- López Bonilla, Guadalupe (2013). "Prácticas disciplinares y prácticas escolares: ¿Qué son las disciplinas académicas y cómo se relacionan con la educación formal en las ciencias y en las humanidades?, en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 383-412. México.

- Lundvall, B.A. (2000). "Knowledge Management in the Learning Economy" Mexico Seminar on Knowledge Management. September 2000. México: OECD-SESIC.
- Maldonado Pérez, Estela (2006). *La adaptación silenciosa: Proceso de acreditación de la División de ciencias sociales su humanidades de la UAM-Iztapalapa*, Tesis de Maestría. México: DIE CINVESTAV.
- (2011) "La Langue Francaise dans la movilite academique" *Revue AMIFRAM* No 71, Noviembre 2010. Disponible en [http://www.amifram.com/chemins\\_actuels\\_2010/SECCION%207/2a.pdf](http://www.amifram.com/chemins_actuels_2010/SECCION%207/2a.pdf)
- (2013) "La importancia de la lengua francesa en la cooperación movilidad estudiantil e intercambio académico Estudio de caso: UAMI" en *Actas del Foro de Investigación en Lenguas y Culturas Extranjeras, UAMI*. México: UAMI
- Malo, Salvador e Isabel Menocal (1883) "La Academia y los estudios de posgrado," en *Ciencia*, Núm 34. México: CONACYT.
- Malo, Salvador et al. (1981). *El egresado del posgrado de la UNAM*. México: UNAM.
- Malo, Salvador (2005). "Una reflexión sobre el sistema Nacional de Investigadores, a 20 años de su creación." *Foro Consultivo Científico y la Academia Mexicana de las Ciencias*. Consulta Enero 2012. Disponible en <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/libros-publicados/politicas-en-cti/945-una-reflexion-sobre-el-sistema-nacional-de-investigadores-a-20-anos-de-su-creacion>.
- Mannheim, K. (1987). *Ideología y Utopia: introducción a la Sociología del Conocimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Marmolejo, Francisco, (1998). Redes de colaboración en América del Norte: el caso del COBAHEC, *Educacion Global*, Núm. 2, pp 11-120. México: AMPEI.
- (2009). "Redes, movilidad académica y fuga de cerebros en America del Norte: el caso de los académicos mexicanos", en Didou S. Y E. Gerard (2009) *Fuga de cerebros, movilidad académica y redes científicas*. México: UNESCO- CINVESTAV – IRD.
- Martinez, Eduardo (1998). *Indicadores de Ciencia y Tecnologia: Estado Del Arte y Perspectivas*. Texas: Nueva Sociedad.

- Moreno, M. A., (2003). *Historia de la Astronomía en México*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Márquez, Teresa (1982). *Diez años del Conacyt*. México: Conacyt.
- Marquez Jimenez, Alejandro (2010). "Estudio Comparativo de universidades mexicanas (ECUM), otra mirada a la realidad universitaria". Documento consultado en Mayo 2013, en el sitio: [www.dgei.unam.mx/ries.pdf](http://www.dgei.unam.mx/ries.pdf).
- Marx, Carlos (2002). *El capital*, capítulo 4: "Transformación de dinero en capital." Buenos Aires: Siglo XXI.
- Mendoza-Rojas, Javier (2010). "Tres décadas de financiamiento de la educación superior," en *Problemas y Desafíos*. Vol. 8. México: Colegio de México.
- (2011). "Presupuesto federal de educación superior para 2011. Actores, procesos y resultados", en *Revista de la Educación Superior*, 40 (159), 111-151. Consulta Marzo 2013, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602011000300006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602011000300006&lng=es&tlng=es),
- Mendoza -Sierra (2009). *Biología II*. México: Trillas.
- Merton, Robert (1977). *La Sociología de la Ciencia*. V.1 y V. 2. Madrid: Alianza.
- Mill, J.S. (1967). *Essays on Economics and Society Part II*, ed. John M. Robson, introduction by Lord Robbins. Toronto: University of Toronto Press, Consulta Octubre 2013. Disponible en [http://oll.libertyfund.org/?option=com\\_staticxt&staticfile=show.php%3Ftitle=232&chapter=16725&layout=html&Itemid=27](http://oll.libertyfund.org/?option=com_staticxt&staticfile=show.php%3Ftitle=232&chapter=16725&layout=html&Itemid=27).
- Morales Zepeda, Francisco (2007). *Impacto de la Biotecnología en la formación de redes institucionales en el sector horticultura en Sinaloa*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. Consulta Diciembre 2013. Disponible en [Impacto de la Biotecnología en la formación de redes institucionales en el sector hortofrutícola de Sinaloa, El \(Fecha de defensa: 05-07-2007\)](#)
- Mullins, Nicholas. (1972). *The Development of a Scientific Speciality: the Phage Group and the Origins of Molecular Biology*. USA: Minerva.
- Mungaray Lagarda, Alejandro (1997). *Políticas Públicas y Educación Superior*, México: ANUIES.
- Murayama, Ciro (1997). *El financiamiento a la educación superior en México*. México: ANUIES.

- (2009). *La economía política de la educación superior en México*. México: ANUIES.
- Newell-McGloughlin, M. and Burke, J. (2000). *Biotechnology: Present Position and Future Potential*. Dublin, Ireland: Teagasc.
- OECD (1971). *Science, Growth and Society, A New Perspective*. Paris: OECD.
- (1975). *Changing Priorities for Government R&D*. Paris: OECD.
- (1992). *Technology and the Economy: The Key Relationships*. Paris: OECD.
- Ordorika Sacristán, Imanol et al. (2008). "Comentarios al Academic Ranking of World Universities 2008," en *Cuadernos de Trabajo de la Dirección General de Evaluación Institucional*, año 1, Núm. 1, México, DGEI-UNAM. Consulta Noviembre 2012. Disponible en <http://www.dgei.unam.mx/cuaderno2.pdf>.
- (2009). "Desempeño de universidades mexicanas en la función de investigación: estudio comparativo," en *Cuadernos de Trabajo de la Dirección General de Evaluación Institucional*, año 1, Núm. 2, DGEI-UNAM, México. Consulta Noviembre 2012. Disponible en <http://www.dgei.unam.mx/cuaderno2.pdf>
- Orozco, Luis y Diego Chavarro (2006). "De historia y sociología de la ciencia a indicadores y redes sociales." Consulta Septiembre 2013. Disponible en: (<http://www.lulu.com/product/file-download/de-historia-y-sociología-de-la-ciencia-a-indicadores-y-redes-sociales/130937706>).
- Ortega Silvia, Elsa Blum y Giovanna Valenti (2001). *Invertir en conocimiento Programa de becas-crédito del CONACYT*, México: SEP-CONACYT-Plaza y Valdés.
- Paredes, Octavio (2005). "Una reflexión sobre el sistema Nacional de Investigadores, a 20 años de su creación". Foro Consultivo Científico y la Academia Mexicana de las Ciencias. Consulta Febrero 2012. Disponible en <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/libros-publicados/politicas-en-cti/945-una-reflexion-sobre-el-sistema-nacional-de-investigadores-a-20-anos-de-su-creacion>.
- Pellegrino, Adela y Jorge Martínez (2001). *Una aproximación al diseño sobre las políticas de migración internacional calificada en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Pérez - Tamayo Ruy, (2005). *Historia General de la Ciencia en México en el Siglo XX*. México: Fondo de Cultura Económica.



- Perkin, Harold (1987). "The historical perspective" en *Perspectives on Higher Education* en Clark (ed.) *Eight Disciplinary and Comparative views*. Los Angeles.CA: Univ. of California Press, Berkley.
- Piaget, Jean, Paul Lazarsfeld et al.(1970). *Tendencias de la investigación en ciencias sociales*. Madrid: Alianza–UNESCO.
- Popper Karl (1967). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Quintero, R. (1991). *La Biotecnología. México ante las nuevas tecnologías*. México: CIIH-UNAM.
- Remedí, Eduardo, (2009). "Fuga de cerebros y movilidad internacional: ¿vectores de cambio de la educación superior?, en Didou S., y E. Gérard (2009) *Fuga de cerebros, movilidad académica y redes científicas*. México: UNESCO- CINVESTAV – IRD.
- Remedi, Eduardo y Sylvie Didou (2010). *Grupos de científicos exitosos en México: Los laberintos en su construcción*. Barcelona: Wolkers Kluwer.
- Rodríguez-Sala, María Luisa (2013). "El origen de una ciencia medica en México: la cirugía" en *La institucionalización de las Disciplinas Científicas en México*, Kleiche- Dray, Mina, Judith Zubieta García y María Luisa Rodríguez –Sala ( coord.). México: IRD y IIS- UNAM.
- Romero, José (2003). "Crecimiento y Comercio" en *Una Historia contemporánea de México*. Mexico: Océano.
- Romo-Beltrán, Rosa Martha (1997). *Curriculum, cultura, academia y producción magisterial*, Tesis doctoral. México: FFYL –UNAM.
- Rondero López, Norma (2005). *Transformación de los modos de regulación del trabajo académico en México 1945-2000*, Tesis doctoral. México: UAMI.
- Rodríguez Gómez, Roberto (2004). "La educación superior transnacional en México: El caso Sylvan- Universidad del Valle de México." en *Educacion Sociedad, Campinas*, vol. 25, no. 88: 1044- 1068. Tomado de: [http://www.riseu.unam.mx/documentos/acervo\\_documental/txtid0036.pdf](http://www.riseu.unam.mx/documentos/acervo_documental/txtid0036.pdf)
- (2005). "La educación superior en el mercado. Configuraciones emergentes y nuevos proveedores." Argentina: Clacso.
- (2006a). "*Rankings universitarios ¿un oscuro objeto de deseo? Segunda parte*", en Suplemento Campus del Diario Milenio, núm. 202, 23 de noviembre 2006, México, Milenio. Consulta Marzo 2010. Disponible en <http://rodriguez.blogsome.com/campus-202/>



- (2006b). “*Rankings universitarios ¿un oscuro objeto de deseo? Tercera parte,*” en *Suplemento Campus del Diario Milenio*, Núm. 203, 30 de Noviembre 2006. Consulta Marzo 2010. Disponible en <http://rodriguez.blogsome.com/campus-203/>
- Rodríguez Jiménez, José Raúl (1992). "La Universidad de Sonora." Reporte de Investigación No. 81, Serie II, del proyecto: *Estudio comparativo de la génesis, evolución y situación actual del cuerpo académico de las instituciones de educación superior en México 1960-1990*. México: Sub-serie Monografías.
- Ruiz-Herrera, José (2005). *Una reflexión sobre el sistema Nacional de Investigadores, a 20 años de su creación*. Foro Consultivo Científico y la Academia Mexicana de las Ciencias. Consulta Mayo 2012. Disponible en <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/libros-publicados/politicas-en-cti/945-una-reflexion-sobre-el-sistema-nacional-de-investigadores-a-20-anos-de-su-creacion>.
- Secretaría de Educación Pública (2012). “Se instala la Comisión de Coordinación de los Organismos de Evaluación de la Educación Superior (COCOEES).” Consulta Octubre 2012. Disponible en [http://www.ses.sep.gob.mx/wb/ses/la\\_evaluacion\\_es\\_primordial/](http://www.ses.sep.gob.mx/wb/ses/la_evaluacion_es_primordial/).
- Secretaría de Educación Pública (1989). Programa de Modernización Educativa (PME 1989 -1994).
- Shinn, Thiery (1988). « Hiérarchie des chercheurs et formes de recherche », en *Actes de la Recherche en sciences sociales*, Paris, 74 p, 2 -22. Consulta Mayo 2012. Disponible en: [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/arss\\_0335-5322\\_1988\\_num\\_74\\_1\\_2430](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/arss_0335-5322_1988_num_74_1_2430)
- Smith, Adam, (1958). *La riqueza de las Naciones*. México: Fondo de Cultura Económica
- Schultz, Theodore, W., (1961). “Inversión en capital humano.” Consulta Junio 2013. Disponible en: <http://home.uchicago.edu/~gbecker/Nobel/nobellecture.pdf>
- Shwartzmann, Simon, (2009). “Nacionalismo versus Internacionalismo en las políticas de formación de recursos humanos de alto nivel”, en Didou Silvie y Etienne Gérard (2009) *Fuga de cerebros, movilidad académica y redes científica*. México: UNESCO- CINVESTAV – IRD.

- Talavera Fernández P. (2004). "Patentes sobre genes humanos: entre el derecho, el mercado y la ética," *Cuadernos de Bioética*, p.213-255, Asociación Española de Bioética y ética médica. Consulta Junio 2013. Disponible en: <http://www.aebioetica.org/rtf/04BIOETICA54.pdf>.
- Tierney, William, and Stele Mara Bensimon (1996). *Promotion and Tenure: Community and Socialization in Academe*. Albany, State University: New York Press.
- Torre- Villar, Ernesto de la (1994). *La economía y el Porfiriato*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Turrent Fernández, Antonio, et., al. (2012). "Mexican Rural Development Research Report" No. 24, octubre 2012. Kansas: Woodrow Wilson International Center for Scholars.
- Ulloa, Miguel y Teofilo Herrera (1976) "Estudios actual del conocimiento sobre la Microbiología de bebidas fermentadas indígenas de México, pozol, tezguino, pulque, colonche y tepache". México: Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología Núm: 47.
- UNESCO (1971) *Recomendaciones de la Conferencia de Ministros de Educación y de Ministros Encargados del Fomento de la Ciencia y de la Tecnología en Relación con el Desarrollo en América Latina y el Caribe*. Caracas: UNESCO.
- Vaccarezza, L. y J. P. Zabala, (2002). *La construcción de la utilidad social de la Ciencia. Estrategias de los investigadores académicos en Biotecnología frente al mercado*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Veblen, (1918). *The Higher Learning In America: A Memorandum On the Conduct of Universities By Business Men*. Consulta Mayo 2012. Disponible en: <http://socserv2.socsci.mcmaster.ca/~econ/ugcm/3ll3/veblen/higher>
- Vessuri, Hebe. (1994). "La ciencia académica en América Latina en el siglo XX", en *Revista Estudios Sociales de la Ciencia* No. 55. Argentina. Consulta en Mayo 2011. Disponible en: <http://www.iec.unq.edu.ar/pdf/revista/RedesNro%2002/02.04.%20La%20ciencia%20academica%20en%20America%20Latina%20en%20el%20siglo%20XX.pdf>
- Viniegra, Gustavo. (2001). "Ciencia, Educación y Sociedad". *Anuario Educativo Mexicano: Visión Retrospectiva*, Tomo I (Guadalupe Teresina Bertussi, Coord.). México: Universidad Pedagógica Nacional -La Jornada Ediciones.
- Weber, Max (1981). *Economía y Sociedad*. México: Fondo de Cultura Económica.

- (1984). *La acción social: ensayos metodológicos*. *Homo Sociologicus*. España: Península.
- (2006). *El Político y el Científico*. México: Alianza Editorial.
- Weick, Karl E. (1976). "Educational Organizations as Loosely Coupled Systems," en *Administrative science Quarterly*. Consulta Enero 2011. Disponible: <http://www.jstor.org/stable/2391875>
- Yúnez, Naude, Antonio (2010). "Las transformaciones del campo y el papel de las políticas públicas: 1929-2008" en *Historia Económica General de México*. México: Colegio de México.
- Zubieta García, Judith y Raúl Domínguez Martínez, (2013). "De los matemáticos sin espacios." en Zubieta García, Judith y Maria Luisa Rodríguez –Sala (coord). México: IRD-IIS-UNAM.

## ANEXOS

Tabla 1.  
Clasificación en el SNI 2012 de los investigadores de los Centros CONACYT.

Centros	C	1	2	3	Total
<b>1.Ciencias Exactas y Naturales:</b>					
CIAD Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.	16	68	19	5	108
CIBNOR Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.	19	57	28	11	115
CICESE Centro de Investigación Científica y de Educación de Ensenada	16	67	52	18	153
CICY Centro de Investigación de Yucatán	18	51	16	5	90
CIMAT Centro de Investigación en Matemáticas.	12	18	25	10	65
CIMAV Centro de Investigación en Materiales Avanzados.	6	40	10	5	61
CIO Centro de Investigación en Óptica.	0	27	25	9	61
INECOL Instituto Nacional de Ecología	6	57	19	10	92
INAOE Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.	9	64	25	16	114
IPICYT Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica	8	30	20	7	66
<b>2) Ciencias Sociales y Humanidades</b>					
CIDE Centro de Investigación y Docencia Económicas	15	22	17	14	68
CIESAS Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.	10	45	41	19	115
ECOSUR Colegio de la Frontera Sur.	14	65	26	3	108
CENTROGEO Centro de Investigación en Geografía y Geomática	1	1	0	0	2
COLEF Colegio de la Frontera Norte	9	41	24	12	86
COLMICH Colegio de Michoacán	5	23	15	4	47
COLSAN Colegio de San Luis	6	17	4	0	27
MORA Instituto de Investigaciones Dr. José Ma. Mora	6	19	15	1	41
<b>3) Desarrollo Tecnológico:</b>					
CIATEJ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco	28	23	1	0	52
CIATEC Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas	2	4	0	0	6
CIATEQ Centro de Tecnología Avanzada	4	11	0	2	17
CIDETEC Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica	2	11	3	2	18
CIQA Centro de Investigación en Química Aplicada	6	27	17	1	51
CIDESI Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial	10	3	1	0	12
COMIMSA Corporación Mexicana de Investigación en Materiales	5	4	0	0	9
INFOTEC Fondo de Información y Documentación para la Industria	0	2	1	0	3

Fuente Elaboración propia a partir de la base SNI 2012.

Tabla 2  
Factor de Impacto de los artículos mexicanos publicados por área.

Disciplina	90-94	95-99	97-01	00-04	05-sep	07-11 <sup>E</sup>
Agricultura	1	1.53	1.59	1.41	2.37	2.09
Astrofísica	3.2	4.31	5.28	5.63	6.76	8.05
Biología molecular	4.3	4.46	4.9	5.79	5.46	6
Biología	1.9	2.6	2.89	3.13	4.55	4.57
Ciencias sociales	0.4	0.83	0.91	0.99	1.22	0.92
Computación	0.95	0.86	0.66	0.79	1.28	2.01
Ecología	1.3	1.73	2.02	2.55	4.11	3.79
Economía	0.3	0.97	1.51	1.08	1.31	1
Educación	0	0.17	0.53	0.67	ND	ND
Farmacología	1.4	2.31	2.79	2.97	3.78	3.48
Física	1,5	2.14	2.09	2.71	3.96	4.51
Geociencias	2.2	2.27	2	2.51	3.58	3.23
Ingeniería	1	0.95	1.06	0.94	1.66	1.56
Inmunología	4.1	5.16	4.86	5.48	6.2	5.55
Leyes	0	0.33	0.67	0.33	ND	ND
Matemáticas	0.7	0.82	0.87	0.82	1.09	1.17
Materiales	1	1.16	1.29	1.53	2.42	2.23
Medicina	1.9	2.71	2.9	3.98	5.13	4.48
Microbiología	2,9	4.56	5.73	4.08	4.58	6.04
Multidisciplinarias	0.8	1.36	1.71	6.57	7.03	2.25
Neurociencias	5,2	3.79	3.74	4.1	5.13	5.28
Plantas y animales	1	1.36	1.55	1.6	1.93	1.7
Psicología y psiquiatría	0.4	0.57	0.82	1.07	1.82	1.76
Química	1.6	2.07	2.1	2.47	3.42	3.37
Total	1.7	2.19	2.35	2.58	3.37	3.3

Fuente: INEGI, fecha de consulta agosto 2013.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=etec30&s=est&c=19166>.

**Tabla 3**  
Distribución de los investigadores consolidados (nivel 2 y 3), por campo relacionados con la Biotecnología en México. SNI 2012.

Instituciones	Medicina y patología humana	Ciencias de la vida	Ciencias de la tierra y del cosmos	Ciencias agronómicas y veterinarias	Ciencias de la tecnología	Total SNI categorías 2 y 3	% que representan en el total de SNI 2 y 3
UNAM	83	277	114	59	111	644	29.8%
CINVESTAV							
IPN	45	54	3	30	95	227	10.5%
IPN	10	19	6	25	45	105	4.9%
COLPOS	0	1	0	76	0	77	3.6%
UAM	11	7	2	24	26	70	3.2%
IMSS	62	5	0	2	0	69	3.2%
Total de las 6 primeras	211	363	125	216	277	1192	55.2%
SNI 2 y 3 en Instituciones en el extranjero	12	7	3	0	1	23	1.1%
Otras instituciones México	271	123	67	248	235	944	43.7%
Fuente:	Elaboración	propia	sobre	el	análisis	del	SNI 2012.

Tabla 4  
Empresas privadas dedicadas al desarrollo de la Biotecnología en México

Núm.	Nombre	Sector
1	AGROBIONSA	AGRO
2	AGROMOD	AGRO
3	BIOGENETICA MEXICANA	AGRO
4	BIOTECNO, SA DE CV.	AGRO
5	BIOTEKSSA, SA DE CA	AGRO
6	BUCKMAM LABORATORIES	AGRO
7	CIICA	AGRO
8	INVERNAMEX	AGRO
9	QUIMICA INTERNACIONAL APLICADA, SA DE CV	AGRO
10	EMPRESAS LA MODERNA	AGRO
11	EVERGREEN	PLANTAS DE ORNATO
12	BIOTEC LATINOAMERICANA A C	AGRO INDUSTRIA
13	ENMEX, S, A DE CV,	AGRO INDUSTRIA
14	FERTILIZANTES ORGANICOS LOMHUS	AGRO INDUSTRIA
15	GRUPO BIOQUIMICO MEXICANO, SA DE CV	AGRO PECUARIOS
16	KOPPET MEXICO	AGRO PLAGAS
17	BIOTECNIC SA DE CV	AGRO PLAGAS
18	LABORATORIOS AGROENZIMAS, SA DE CV	AGRO PLAGAS
19	PRODUCTOS ECOLOGICOS SA. DE CV	AGRO PESTICIDAS
20	PRODUCTOS QUIMICOS DE CHIHUAHUA, SA DE CV	AGRO FERTILIZANTES
21	QUIMICA AGRICOLA DEL NOROESTE	AGRO FERTILIZANTES
22	QUIMICA FOLIAR	AGRO FERTILIZANTES
23	MASECA, SA DE CV	AGRO
24	ABS	BIO GENETICA ANIMAL
25	BIO ZOO	ALIMENTO GANADO
26	GRUPO FERNANDEZ	PRODUCCION AVICOLA
27	DCL, SA DE CV	FARMACOS
28	LABORATORIOS PISA, SA DE CV	FARMACOS
29	VETOQUINOL MEXICO, SA DE CV	FARMACOS
30	LE MERY	FARMACOS
31	INSTITUTO BIOCLON	FARMACOS
32	INVESTIGACION APLICADA, SA DE CV	FARMACOS
33	MEXAMA, SA DE CA	FARMACOS
34	LABORATORIOS MIXIN	FARMACOS
35	PRODUCTORA NACIONAL DE PRODUCTOS BIOLOGICOS VETERINARIOS	FARMACOS GANADO
36	PROBIOMED, S. A. DE C.V.	FARMACOS
37	SHERING MEXICANA, SA DE CV	FARMACOS
38	ALLWASTE, SERVICIOS INDUSTRIALES DE CONTROL ECOLOGICO	M AMBIENTE

39	ECCACIV	M AMBIENTE
40	ECO INGENIERIA , SA DE CV	M AMBIENTE
41	ECO RED, SA DE CV	M AMBIENTE
42	ETEISA, SA DE CV	M AMBIENTE
43	GERMEN SA. DE CV	M AMBIENTE
44	GRUPO ARTHURIANA, SA DE CV	M AMBIENTE
45	KLEINFELDER MEXICO, SA DE CV	M AMBIENTE
46	POLIBAC CORPORATION MEXICO	M AMBIENTE
47	PROTECTORA ECOLOGICA	M AMBIENTE
48	TECODESA Y ASOCIADOS, SA DE CV	M AMBIENTE
49	NOVA BIOTECNOLOGÍA	M AMBIENTE
50	TECNOLIM	M AMBIENTE
51	BIOTECNOLOGIA QUIMICA	M AMBIENTE
52	BIOTECNOLOGIA ORGANICA INTERNACIONAL	M AMBIENTE
53	BIOTECNOLOGÍA EN RESIDUOS	M AMBIENTE
54	AMERICAN QUALITY LAB, S. A.	ANALISIS DE ALIMENTOS
55	BAYER DIAGNOSTICOS, S.A. DE C.V.	ANALISIS DE ALIMENTOS
56	BUFETE QIMICO	ANALISIS DE PROD BIO
57	CORPORATION PR ALLIED, S.A DE C.V.	ANALISIS DE ALIMENTOS
58	CENTRO DE CONTRL TOTAL DE CALIDADES	ANALISIS DE ALIMENTOS
59	BIOTECNOLOGÍA DIAGNOSTICA	ANALISIS DE PROD BIO
60	METODOS RAPIDOS, S.A DE C.V.	ANALISIS DE ALIMENTOS
61	GEN AGROCULTIVOS	AGRO ALIMENTOS
62	ACIDOS ORGANICOS LA FLORIDA, S.A. DE C.V.	AGRO ALIMENTOS
63	CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA: JOEL	AGRO ALIMENTOS
64	CENTRO DE BIOTECNOLOIA SABRITAS	AGRO ALIMENTOS
65	LABORATORIOS BIOQUIMEX, SA DE CV	AGRO ALIMENTOS
66	INDUSTRIALIZADORA DE LECHE DE DELICIAS, S. A DE C.V.	AGRO ALIMENTOS
67	LEVAMEX, S.A DE C.V.	AGRO ALIMENTOS
68	CHAMPINONES CAMARGO	AGRO ALIMENTOS
69	GRUPO BIOTECNOLOGICO MARSAN, SA DE CV	AGRO ALIMENTICIO
70	MALTOS Y ASOCIADOS	BIO ALIMENTOS

Fuente: Elaboración a partir de información INEGI 2012. Consulta julio 2013.



**Tabla 5**  
**Premios Nobel relacionados con la Biotecnología:1970-2012.**

Año	Autores	País	Trabajo	Premio
1970	Norman Borlaug	USA	Revolución Verde.	Paz
1970	Luis Federico Leloir	ARG	Por su descubrimiento de nucleótidos sacáridos y su papel en la biosíntesis de carbohidratos.	Química
1971	Earl W. Sutherland, Jr.	USA	Por sus descubrimientos sobre los mecanismos de acción de las hormonas	Medicina
1972	Christian B. Anfinsen	USA	Por sus contribuciones al entendimiento de la conexión entre la estructura química y la actividad catalítica del centro activo de la molécula de ribonucleasa.	Química
	Stanford Moore	USA		
	William H. Stein	USA		
1972	Gerald M. Edelman	USA	Por sus descubrimientos sobre la estructura química de los anticuerpos.	Medicina
	Rodney R. Porter	GBR		
1975	David Baltimore	USA	Por sus descubrimientos sobre la interacción entre los virus tumorigénicos y el material genético de la célula.	Medicina
	Renato Dulbecco	USA		
	H. Martin Temin	USA		
1976	Baruch S. Blumberg	USA	Por sus descubrimientos sobre nuevos mecanismos del origen y diseminación de enfermedades infecciosas.	Medicina
	Carleton Gajdusek	USA		
1978	Werner Arber	SUI	Por el descubrimiento de las enzimas de restricción y su aplicación a problemas de genética molecular su descubrimiento condujo al desarrollo de la técnica de ADN recombinante.	Medicina
	Daniel Nathans	USA		
	Hamilton O. Smith	USA		
1980	Baruj Benacerraf	VEN	Por sus descubrimientos acerca de estructuras de la superficie celular determinadas genéticamente que regulan las reacciones inmunológicas	Medicina
	Jean Dausset	FRA		
	George D. Snell	USA		
1980	Paul Berg	USA	Por sus contribuciones acerca de la determinación de secuencias de bases en ácidos nucleicos.	Química
	Walter Gilbert	USA		
	Frederick Sanger	GBR		
1982	Sune K. Bergström	SUE	Por sus descubrimientos sobre las prostaglandinas y sustancias activas biológicas relacionadas activas.	Medicina
	Bengt Samuelsson	SUE		
	John R. Vane	USA		
1981	Roald Hoffmann	USA	Por sus teorías desarrolladas independientemente, acerca del curso de las reacciones químicas.	Química
	Kenichi Fukui	JAP		
1982	Aaron Klug	GBR	Por su desarrollo de la microscopía cristalográfica de electrones y su trabajo en el ácido nucleico-proteína.	Química
1983	Barbara McClintock	USA	Por su descubrimiento de los elementos genéticos móviles.	Medicina
1984	Robert Bruce Merrifield	USA	Por su desarrollo de la metodología para la síntesis química en matriz sólida	Química
1984	Niels K. Jerne	DIN	Por las teorías sobre la especificidad en el desarrollo y control del sistema inmunitario y el descubrimiento del principio de producción de anticuerpos monoclonales.	Medicina
	Georges J.F. Köhler	ALE		
	César Milstein	ARG		
1986	Stanley Cohen	USA	Por sus descubrimientos de los factores de crecimiento.	Medicina
	Rita Levi-Montalcini	ITA		
1988	James W. Black	GBR	Por sus descubrimientos de importantes principios en el tratamiento con fármacos.	Medicina
	Gertrude B. Elion	USA		
	George H.	USA		

	Hitchings			
1989	Sidney Altman	CAN	Por el descubrimiento de las propiedades catalíticas del ARN.	Química
	Thomas R. Cech	USA		
1989	J. Michael Bishop	USA	Por su descubrimiento del origen celular de los oncogenes retrovirales.	Medicina
	Harold E. Varmus	USA		
1990	Joseph E. Murray	USA	Por sus descubrimientos acerca del trasplante celular y de órganos en el tratamiento de enfermedades humanas.	Medicina
	Donnall Thomas	USA		
1992	Edmond H. Fischer	SUI	Por sus descubrimientos sobre la fosforilación reversible de las proteínas como mecanismo de regulación biológica.	Medicina
	Edwin G. Krebs	USA		
1993	Kary B. Mullis	USA	Por el establecimiento de mutagénesis directas y su desarrollo de los estudios de las proteínas.	Química
	Michael Smith	CAN		
1993	Richard J. Roberts	GBR	Por sus descubrimientos acerca de los genes interrumpidos.	Medicina
	Phillip A. Sharp	USA		
1996	C. Doherty	AUS	Por sus descubrimientos sobre la respuesta inmunitaria de las células frente al ataque de organismos infecciosos.	Medicina
	M. Zinkernagel	SUI		
1999	Günter Blobel	USA	Por descubrir que las proteínas tienen señales intrínsecas que gobiernan su transporte y situación en la célula.	Medicina
2001	Richard Timothy	GBR	Por sus descubrimientos de reguladores clave del ciclo celular	Medicina
	Paul M. Nurse	GBR		
2006	Andrew Z. Fire	USA	Por su descubrimiento de la ribointerferencia el silenciamiento de genes mediante ARN.	Medicina
	Craig C. Mello	USA		
2007	R. Capecchi	USA	Por sus descubrimientos de los principios para introducir modificaciones genéticas específicas en ratones mediante el uso de células madre.	Medicina
	Martin J. Evans	GBR		
	Oliver Smithies	USA		
2008	Osamu Shimomura	JAP	Por el descubrimiento y desarrollo de la proteína verde fluorescente, GFP.	Química
	Martin Chalfie	USA		
	Roger Y. Tsien	USA		
2008	Françoise Barré-Sinoussi	FRA	Por el descubrimiento del virus de la inmunodeficiencia humana.	Medicina
	Luc Montagnier	FRA		
2009	Elizabeth H. Blackburn	USA	Por el descubrimiento de la enzima telomerasa y cómo los cromosomas están protegidos por telómeros.	Medicina
	Carol W. Greider	AUS		
	Jack W. Szostak	USA		
2010	Robert Edwards	GBR	por el desarrollo de la fecundación in vitro.	Medicina
2010	Richard F. Heck	USA	por las reacciones de acoplamiento cruzado catalizadas por paladio en síntesis orgánica.	Química
	Ei-ichi Negishi	JAP		
	Akira Suzuki	JAP		
2011	Bruce Beutler	USA	por sus aportaciones en el ámbito de la inmunología y las vacunas.	Medicina
	Jules Hoffmann	LUX		
	Ralph Steinman	FRA		
2012	Shinya Yamanaka	CAN	Por descubrir la forma de transformar células en cualquier tipo de tejidos.	Medicina
	Sir John B. Gurdon	GBR		

Fuente: en base a los anexos publicados por el Premio Nobel: <http://www.nobelprize.org/>.

Tabla 6  
Investigadores miembros del SNI 2012, por disciplina, género y calificación.

Área y Sexo	Candidato	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
<b>Ciencias Físico Matemáticas y</b>					
<b>de la Tierra</b>	<b>563</b>	<b>1,340</b>	<b>689</b>	<b>412</b>	<b>3,004</b>
Hombres	424	1,055	594	369	2,442
Mujeres	139	285	95	43	562
<b>Biología y Química</b>	<b>612</b>	<b>1,772</b>	<b>493</b>	<b>285</b>	<b>3,162</b>
Hombres	318	986	340	224	1,868
Mujeres	294	786	153	61	1,294
<b>Medicina y Ciencias de la</b>					
<b>Salud</b>	<b>284</b>	<b>1,180</b>	<b>285</b>	<b>165</b>	<b>1,914</b>
Hombres	143	596	191	132	1,062
Mujeres	141	584	94	33	852
<b>Humanidades y Ciencias de la</b>					
<b>Conducta</b>	<b>398</b>	<b>1,529</b>	<b>598</b>	<b>248</b>	<b>2,773</b>
Hombres	201	782	302	148	1,433
Mujeres	197	747	296	100	1,340
<b>Ciencias Sociales</b>	<b>467</b>	<b>1,524</b>	<b>522</b>	<b>234</b>	<b>2,747</b>
Hombres	281	977	339	177	1,774
Mujeres	186	547	183	57	973
<b>Biotecnología y Ciencias</b>					
<b>Agropecuarias</b>	<b>483</b>	<b>1,241</b>	<b>326</b>	<b>127</b>	<b>2,177</b>
Hombres	285	875	255	111	1,526
Mujeres	198	366	71	16	651
<b>Ingeniería</b>	<b>797</b>	<b>1,473</b>	<b>398</b>	<b>110</b>	<b>2,778</b>
Hombres	607	1,179	341	103	2,230
Mujeres	190	294	57	7	548
<b>TOTAL</b>	<b>3,604</b>	<b>10,059</b>	<b>3,311</b>	<b>1,581</b>	<b>18,555</b>
Hombres	2,259	6,450	2,362	1,264	12,335
Mujeres	1,345	3,609	949	317	6,220

Fuente: Base de datos del SNI 2012.

## APENDICE A

El llegar a discernir cuáles son las áreas, las instituciones, los colectivos y los individuos más sobresalientes de la élite científica no es un trabajo fácil. Primeramente por que el acceso a las bases de datos que reagrupan la información sobre el CVU de los investigadores no son de fácil acceso: se requiere de la autorización escrita de las autoridades competentes para contar con la información de manera oportuna. En segundo lugar porque el diseño de los datos presentados por la base de datos SNI, no es uniforme de un año a otro. En tercer lugar porque la nueva legislación sobre privacidad de la información hace que la información esté fragmentada y su correlación entre los sujetos y los productos sea fraccionada. En quinto lugar porque, la permanencia de los investigadores en el SNI no es constante por lo que en cada edición que presenta el SNI, aparecen nuevos investigadores. En sexto lugar, y quizás sea este el problema mayor de la base de datos del SNI, es precisamente el llenado que hacen los investigadores de su CVU vía electrónica.

A través de este estudio se observó un alto grado de repetición de datos, confusión de niveles de estudio, principalmente en el relativo a estancias de investigación, estudios de posgrado (tipo cursos o diplomados) y, en el caso particular del área de Medicina la ubicación de los estudios reportados como curso de *especialización*, provocó confusión entre el grado académico y la especialización en temas específicos de esta área. Todo lo cual hace que el trabajo estadístico requiera de mucha atención.

Aunado a lo anterior, la ubicación geográfica del lugar de obtención de grado de estudios fue otro de los elementos que dificultó el trabajo de esta investigación. Pues existen casos donde un mismo grado académico (con la presentación de una tesis con un título semejante) era presentado en dos países distintos. En cuyo caso la verificación de los datos para identificar el lugar de emisión del diploma de doctorado fue un trabajo acucioso.

En el caso de la Biotecnología, otro tema de discusión de este trabajo, fue el referente a la consistencia de las trayectorias formativas de los investigadores. En efecto, el análisis de las trayectorias de los investigadores en cuanto a disciplina de origen (a nivel licenciatura) y el cambio de especialidad en los

estudios posteriores (maestría y doctorado), así como el análisis de su producción científica representó largos momentos de reflexión para discernir si los productos científicos correspondían con la clasificación de las áreas de SNI. Con esta pequeña introducción sobre el desafío que implica la búsqueda de información confiable para realizar un trabajo cualitativo y cuantitativo nos llevó largos procesos de discusión y trabajo grupal para lograr tomar una base de datos limpia y homogénea, que a simple vista no son observables en esta tesis.

Sin embargo, el trabajo acucioso de mi asesora, la discusión grupal de los investigadores que participaron en este proyecto y los múltiples ejercicios teóricos y prácticos realizados fueron la base para poder contar con una base de datos confiable y homogénea e iniciar el análisis estadístico. Éste se llevó a cabo con la utilización del SPSS.

El SPSS (Statistical Product and Service Solutions) es una herramienta informática de tratamiento de datos y análisis estadístico que permite trabajar con grandes cantidades de información, utilizando diferentes variables a la vez. Además de presentar los datos en función de las variables solicitadas este programa también tiene la opción de presentar en forma gráfica la información. Fue así que, con la utilización del SPSS, se obtuvieron los datos estadísticos de los 18 554 CVU de los investigadores miembros del SNI 2012: por área disciplinaria, campo de conocimiento, institución y colectivos seleccionados. A su vez estos datos fueron analizados en función de género, país de obtención de doctorado, calificación dentro del SNI y, como se vio a lo largo de esta tesis, los datos generados se cruzaron con tres cortes temporales que corresponden, a nuestro juicio, a las estrategias clave en la reconfiguración del sistema:

- 1) La fecha de creación del SNI (1984)
- 2) El período comprendido entre 1985 y 1996, cuando se pone en marcha el PROMEP.
- 3) Finalmente la fecha de obtención del diploma de doctorado de 1997 a 2012.

Todo esto, como se mostró a lo largo de esta tesis, para buscar la relación entre los cambios generados en el SES y sus posibles efectos en el quehacer científico.

Para la clasificación de los diplomas obtenidos se decidió tomar, en esta fase, sólo aquellos estudios que presentaban un título/diploma de habilitación orientado hacia la investigación: Maestría, Doctorado y Postdoctorado.

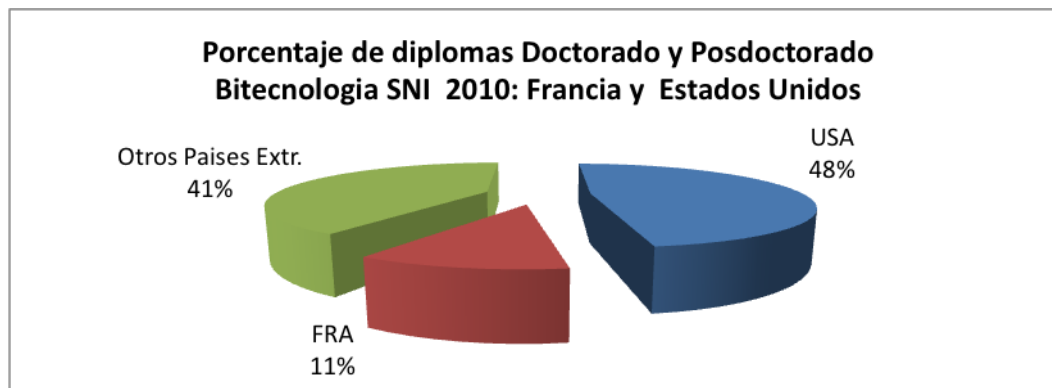
Cabe mencionar que los países ó regiones de formación fueron seleccionados considerando aquellos lugares (países o regiones) que fueran recurrentes en las trayectorias de formación de los investigadores del SNI de las distintas disciplinas y en diferentes períodos de tiempo. Posteriormente se confrontó esta información con la que se obtuvo sobre la asignación actual de becas al extranjero, resultando coincidentes los principales polos de atracción en las distintas áreas de conocimiento. El código utilizado para las regiones /países trabajados fue el siguiente

#### Codificación de países

No.	Países	Siglas
1	México	MEX
2	Estados Unidos	USA
3	Canadá	CAN
4	Reino Unido	GBR
5	España	ESP
6	Francia	FRA
7	Alemania	DEU
8	Austria, Bélgica, Dinamarca, Escandinavia, Grecia, Holanda, Italia, Irlanda, Noruega, Suecia, Suiza, Finlandia.	AUT, BEL, DNK, ESC, GRC, NLD, ITA, IRL, NOR, SWE, SWZ, FIN.
9	Bielorrusia, Checoslovaquia, Eslovaquia, Eslovenia, Hungría, Bielorrusia, Polonia, Rumania, Rusia, Ucrania, Yugoslavia.	BIH, CHE, SVK, SLV, HUN, BLR, POL, ROU, RUS, UKR, YUG.
10	América Latina 1: Argentina, Brasil, Chile, Cuba.	ARG, BRA, CHL, CUB
11	América Latina 2: Bolivia, Colombia, Guatemala, Republica Dominicana, Ecuador, Uruguay, Haití, Panamá, Perú, Venezuela.	BOL, COL, GTM, DOM, ECU, URY, HAT, PAN, PER, VEN
12	Otros Países del Sud este Asiático: China, India, Taiwan, Korea, Japón	CHI, IND, TWN, JOR, JAP
13	Otros países no mencionados.	

De acuerdo con esta información, pudimos observar el peso de la formación de los investigadores del SNI 2010, fecha en la cual inició este trabajo de investigación. Así por ejemplo observamos que del total de diplomas obtenidos de origen extranjero, considerando el doctorado y posdoctorado realizados en el extranjero en el área de Biotecnología: 598 casos; se observó que el 48% realizaron sus estudios en Estados Unidos, esto es 285, mientras que el 11 % de los diplomas obtenidos corresponderían a Francia (65 diplomas). Una vez que definimos los criterios de organización de la información, el siguiente paso

fue analizar cada una de las disciplinas por país-polo y por institución (nacional/extranjera) para reconocer las instituciones de formación de Biotecnología en Estados Unidos y Francia<sup>134</sup>.



Fuente: en base al análisis de los datos vertidos en el CVU de los miembros del sistema Nacional de Investigadores vigentes en 2010.

Este análisis permitió ubicar los polos de referencia en las distintas instituciones de adscripción de los investigadores del SNI. De esta manera pudimos reconocer, en el caso de Biotecnología los principales lugares donde se formaron y las instituciones en que se encuentra una mayor concentración de investigadores de esta disciplina y las proporciones que representan en cada caso los diplomas obtenidos en Estados Unidos y Francia para llevar a cabo el trabajo de campo en estos países.

### **Los instrumentos de recolección de datos cualitativos**

Para la recopilación de datos cualitativos se utilizó una guía de entrevistas. La guía de entrevistas fue creada para detectar más detalladamente las maneras en cómo se llevan a cabo y se vivieron dichos procesos, tanto de adquisición, de transmisión como el de validación de los conocimientos. A partir de 9 rubros se buscó recuperar la historia del individuo, del colectivo y de la disciplina en particular. Conocer los momentos, circunstancias o factores que han marcado

<sup>134</sup> Dentro de las principales instituciones en donde han realizado estudios de Maestría, Doctorado y Posdoctorado los investigadores Mexicanos registrados en el SNI encontramos, en Estados Unidos: Las Universidades de: Oregón, Colorado, Cornell, Iowa, Michigan Carolina del Norte, Purdue, Texas, Missouri, Nebraska, tecnológico de California y de Yale. En Francia: El Institut Polytechnique de Lorraine, Université d'Aix en Provence, L Université de Brest, Université Montpellier III, Université de Toulouse III, L Ecole Supérieure de Recherche en Agronomie de Toulouse y la Université de Rennes.

el desarrollo y evolución (o estancamiento) del desarrollo de la disciplina, el instituto y el individuo.

De igual manera las entrevistas a profundidad constituyen una herramienta para conocer los actores sociales (instancias gubernamentales, políticas de desarrollo, actores políticos, asociaciones académicas, instancias internacionales, corporativas productivas, etc.), las coyunturas políticas, económicas, sociales – a nivel local o internacional- involucrados en la evolución, legitimación y propagación de los hallazgos científicos de nuestro objeto de estudio. La utilización de las entrevistas a profundidad nos preemitió conocer los procesos de producción de la ciencia (el quehacer cotidiano del investigador), del proceso de transmisión de conocimientos, en la formación de cuadros; de la forma en cómo se establecen las redes de colaboración; de las circunstancias en las cuales fue acreedor a premios o distinciones (sistema de representaciones sociales relacionados con la legitimidad); conocer los espacios de difusión de la ciencia y lo más importante, nos preemitió seguir la traza del investigador a través del tiempo, siguiendo la huella de sus herederos.



## Guía de Entrevista

Temas
<p>1. Datos sobre el lugar de trabajo Identidad: Historia y objetivo del laboratorio donde trabaja. Localización en la estructura general.</p>
<p>2. Proceso de movilidad Motivaciones. Factores que influyeron en la elección del polo de formación, académicos, insumos de trabajo, culturales, lingüísticas, etc. Tipo de acercamiento con la IES. Duración de estancia. Tipo (licenciatura, maestría, doctorado, posdoc.). Fuente de financiamiento.</p>
<p>3. Trayectorias de formación Expectativas/ realidades (académicas, culturales, lingüísticas, adaptativas) Relación con el tutor, colegas, técnicos, administrativos. Formas de adquisición de los conocimientos/ competencias adquiridas en el extranjero (escolarizada, autodidacta, por proyecto. etc.). Productos de investigación. Manejo del Idioma</p>
<p>4. El regreso Tipo de inserción laboral. Tipo de contratación. Campo disciplinario semejante/ diferente. Infraestructura del lugar de trabajo de inicio Apoyo de colegas y administrativos. Fuentes de financiamiento. Relación entre la formación adquirida y las oportunidades laborales.</p>
<p>5. Inserción laboral Historia de la línea de la investigación. Temas de investigación. Actividades y dinámica de trabajo con los colegas (misma/ diferente institución). Condiciones para la realización de los proyectos de investigación y reproducción de la ciencia.</p>
<p>6. Trayectoria profesional Forma del establecimiento de las redes: nacionales, locales, internacionales. Duración de trabajo colaborativo: de larga data / temporales. Dinámica de trabajo (virtual/ presencial). Frecuencia de trabajos. Pertenecía a asociaciones disciplinarias-clave (dictaminador, consultor, miembro de comités editoriales, miembro de asociaciones disciplinarias, etc.). Obtención de premios y distinciones. Participación en la toma de decisiones: académicas, políticas, etc. Función dentro de los proyectos de investigación. Tipo de reconocimiento de los pares. Formas de transmisión del conocimiento. Dinámica de formación de cuadros.</p>
<p>7. Redes Creación de líneas de investigación. Tipo de proyectos (básica, aplicada). Participación en espacios de difusión (revistas, foros, seminarios, web). Tipo de formalización de las redes. Fuentes de financiamiento para el trabajo en red. Resultado del trabajo en red.</p>
<p><b>8. Impacto de las trayectorias de formación, profesionales y redes</b> Proyectos de investigación con resultados en el campo disciplinario. Problemática en el quehacer científico y su aplicación en proyectos de investigación (por línea, tipo de investigación o aplicación de los hallazgos generados). Espacios/ competencias disciplinarios claves para la reproducción del quehacer científico (Revistas, Foros, Polos de formación).</p>
<p><b>9. Entorno y huella</b> Miembros de la familia que hayan tenido una trayectoria semejante. Destino e impacto de los herederos disciplinarios y su posición en el mercado científico. Proyectos futuros.</p>

### Investigadores entrevistados en México

NUM	NOMBRE	IES	SEXO
1	ALAGON, Alejandro	IBT-UNAM	M
2	ALVAREZ, Raúl	CINVESTAV-I	M
3	BOLIVAR, Francisco	IBT-UNAM	M
4	CASSAB, Iliana	IBT-UNAM	F
5	CASTELAN, Octavio	UAEM-COLPOS	M
6	CASTILLO, Fernando	COLPOS-M	M
7	DENDOOVEN, Luc	CINVESTAV	M
8	DARSZON, Israel	IBT-UNAM	M
9	ESPINOSA, Alejandro	COLPOS-M	M
10	FAVELA, Ernesto	DBT-UAMI	M
11	GARCIA, Jesús	COLPOS-M	M
12	GOSSET, Guillermo	IBT-UNAM	M
13	GUTIERREZ, Mariano	DBT-UAMI	F
14	HERNANDEZ, Ma. Esther	COLPOS-M	F
15	HERRERA, Luis	CINVESTAV-I	M
16	IBARRA, Jorge	CINVESTAV-I	H
17	LEBORGNE, Sylvie	UAM-C	M
18	LOERA, Octavio	DBT-UAMI	M
19	LOPEZ, Agustín	IBT-UNAM	M
20	LOZOYA, Edmundo	CINVESTAV-I	M
21	MOLINA, Jorge	CINVESTAV-I	M
22	MOLINA, José Domingo	COLPOS-M	M
23	MONROY, Oscar	DBT-UAMI	M
24	MORETT, Enrique	IBT-UNAM	M
25	OCAMPO, Ignacio	COLPOS-M	M
26	OLMEDO, Gabriela	CINVESTAV-I	F
27	NISHIGAKI, Takuya	IBT-UNAM	M
28	PARTIDA, Laila	CINVESTAV-I	F
29	PEREZ, Leonor	IBT-UNAM	F
30	QUINTERO, Rodolfo	DBT-UAMC	M
31	REVAH, Sergio	DBT-UAMI	M
32	REYES, José Luis	IBT-UNAM	M
33	RIVERA, Rafael	CINVESTAV-I	M
34	RODRIGUEZ, Gabriela	DBT-UAMC	F
35	RUIZ, José	CINVESTAV-I	F
36	SAAB, Gloria	IBT-UNAM	F
37	SAUCEDO, Gerardo	DBT-UAMI	M
38	SAWERS, Ruairidh	CINVESTAV-I	M
39	SERRATOS, José Antonio	UACM	M
40	SILVA, Laura	CINVESTAV-I	F
41	SORIA, Jesús	COLPOS-M	M
42	SOSA MONTES	COLPOS-M	M
43	TAKEO, Ángel	COLPOS-M	M
44	VAZQUEZ, Lilia	DBT UAMI	F
45	VINIEGRA, Gustavo	DBT-UAMI	M
46	WOOD, David	IBT-UNAM	M

### Investigadores Entrevistados en el extranjero

NUM	Nombre	País	STATUS
1	ROUSSOS, Sevastiano	FRA	INV
2	CRIGET, Steven	FRA	INV
3	FRANET, Anne Marie	FRA	INV
4	IGONTARET, Isabelle	FRA	INV
5	RENDON, Álvaro	FRA	INV
6	HENKINS Tina M	EUA	INV
7	OLIVO, Horacio	EUA	INV
8	MEJIA, Elvira	EUA	INV
9	SORIA, Olivos	EUA	INV
12	DE PABLO, J. José	EUA	INV
10	ZUCKERMANN, Federico	EUA	INV
11	NOVOA, Gabriela	USA	EST

## APENDICE B

El trabajo de investigación doctoral nunca es un trabajo individual es el resultado de un trabajo en equipo. En este caso la tesis que aquí se presenta fue fruto de la participación de varios investigadores que alrededor de una perspectiva sociológica nos interesamos en conocer cómo se produce la ciencia, cuáles son los efectos que esto trae para los países y conocer de manera puntual cuáles son los embates a los que enfrentan las nuevas generaciones de investigadores mexicanos.

Bajo la batuta de la Dra. Rocío Grediaga de la UAM-A y del Dr. Etienne Gérard del CEPED del IRD, los objetivos de este grupo fueron claros desde un principio, realizar estudios de investigación con metodologías sólidas, utilización de datos duros, veracidad de las fuentes y recortes que pudieran dar cuenta de las diferentes aristas que tiene el campo científico.

Para realizar este trabajo se necesitaron fondos financieros, acuerdos internos de manejo ético de la información, una plataforma de unión vía Internet y el establecimiento de acuerdos internacionales.

Aunque en el caso de proyectos de ciencias sociales los montos de dinero son magros y el número de proyectos escasos, el tema de investigación y la solidez del proyecto, presentados por la Dra. Rocío Grediaga ante CONACYT obtuvieron el primer financiamiento. Así nació ROMAC, Red de Observatorio de Movilidad Académica y Científica (<http://www.romacm.org/>), como enlace de comunicación entre los integrantes del grupo y portal para establecer contacto con investigadores y estudiantes mexicanos sobre sus trayectorias formativas, profesionales y redes. También, con la ayuda del Dr. Etienne Gérard, se tejieron nuevos proyectos de investigación con otras instituciones, como con el Departamento de investigación Educativa del CINVESTAV, y se contó con el apoyo del proyecto ECOS SUR (número M10-H01), cuyo título es "Movilidades y redes científicas Francia-México," financiado por la comunidad europea, para dar continuidad a esta línea de investigación con investigadores de varios países. De igual manera con el apoyo del CEPED-IRD se contó con apoyo para la realización de seminarios y estancias de investigación en Francia. Esta dinámica de aprendizaje compartido, ha permitido generar no solamente trabajos interesantes y pioneros en su campo, sino también poner en evidencia que los procesos de socialización entre sociólogos puede resultar fructífero para la consolidación de la disciplina.

## SIGLAS

AAA Narro	Universidad Autónoma Agrícola Antonio Narro
AMC	Academia Mexicana de las Ciencias
AND	Acido Desoxirribonucleico
ANUIES	Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BUAP	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
CA	Cuerpos Académicos
CIBIOGEM	Comisión Intersecretarial de Biodiversidad y Organismos Genéticamente Modificados
CIEES	Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior
CIIGB	Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología
CINVESTAV-I	Centro de Investigación y Estudios Avanzados-Irapuato
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COLMEX	Colegio de México
COLPOS	Colegio de Posgraduados
COLPOS-M	Colegio de Posgraduados- Montecillo
CONABIO	Comisión nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAEVA	Comisión Nacional de Evaluación de la Educación Superior
CONPES	Coordinación Nacional para la Planeación de la Educación Superior
CINVESTAV	Centro de Investigación y Estudios Avanzados
CSS	Consejo Superior de Salubridad
CVU	Curriculum Vitae Único
CyT	Ciencia y Tecnología
DBT-UAMI	Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana campus Iztapalapa
DGAPA	Dirección General de Asuntos del Personal Académico
ENA	Escuela Nacional de Agronomía
ENCB	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
FDA	Food and Drug Administration
FOMES	Fondo para la Modernización de la Educación Superior
GIDE	Gasto en Investigación y Desarrollo
HUGO	Human Genome Project
IBT- UNAM	Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México
IES	Instituciones de Educación Superior
IMEP	Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INMEGEN	Instituto Nacional de Medicina Genómica
IPICYT	Instituto Potosino de Investigación en Ciencia y Tecnología
IPN	Instituto Politécnico Nacional
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
ITESM	Instituto Mexicano de Estudios Superiores de Monterrey
LANGEBIO	Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad

LPI	Líneas Prioritarias de investigación
NSF	National Science Foundation
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
OEA	Organización de Estados Americanos
ORSTOM	Organisme de Recherche Scientifique des Territoires de Outre Mer
PACIME	Programa para el Avance de la Ciencia en México
PIB	Producto Interno Bruto
PIFI	Programa Integral de Fortalecimiento Institucional
PIFOP	Programa de Fomento Integral al Posgrado
PGH	Proyecto de Genoma Humano
PNPC	Programa Nacional de Posgrados de Calidad
PPE	Padrón de Posgrado de Excelencia
PRDCYT	Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico
PRIDE	Primas al Desempeño del Personal Académico
	Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAGARPA	
SEP	Secretaría de Educación Pública
SES	sistema de Educación Superior
SNI	sistema Nacional de Investigadores
SPFPI	Subprograma de Formación de Profesores Investigadores
TIGR	Instituto para la Investigación Genética
TLC	Tratado de Libre Comercio
UACH	Universidad Autónoma de Chapingo
UAEM	Universidad Autónoma del Estado de México
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UAMor	Universidad Autónoma de Morelos
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
UASLP	Universidad de San Luis Potosí
UdG	Universidad de Guadalajara
UDLA	Universidad de las Américas
UIA	Universidad Iberoamericana
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
	Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura
UNESCO	
UPN	Universidad Pedagógica Nacional
UV	Universidad Veracruzana

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Presupuesto del PIB asignado al desarrollo de la Ciencia y la Tecnología 2010 .....	39
Tabla1.2. Gasto federal para la Educación Superior por quinquenio y porcentaje del PIB 1970-2012.....	40
Tabla 1. 3. Tasa de crecimiento del Financiamiento otorgado a las IES. Ejercicio 2011. ....	41
Tabla 1.4. Operacionalización del concepto de valor y legitimación del quehacer científico. ....	47
Tabla 2.1 Indicadores de Ciencia y Tecnología a nivel Mundial 2010-2011. ....	51
Tabla 2.2 Número de publicaciones reportadas por el Banco Mundial en 2008-2012 .....	52
Tabla 2.3 Fuente de financimient para realizar estudios de posgrado en el extranjero1971-1980.....	61
Tabla 2.4 Becas CONACYT por trienio y destino de formación,1971-2012.....	61
Tabla 2.5. Evolución de las acciones para el desarrollo de la CyT en México* .....	63
Tabla 2.6. Número de integrantes del SNI de 1984 a 2012.....	64
Tabla 2.7. Criterios de evaluación para pertenecer al SNI en 2012.....	65
Tabla 2. 8 Diplomas de doctorado y postdoctorado por origen de obtención:1985-1996. ....	72
Tabla 2.9. Origen del diploma de doctorado y posdoctorado de los miembros del SNI 2010 por período .....	76
Tabla 2. 10. Investigadores consolidados por entidad federativa, 2012 .....	85
Tabla 2.11. Porcentaje de investigadores consolidados en los Centros de investigación CONACYT en 2012. ....	86
Tabla 2. 12. Primeras coautorías de investigadores mexicanos 1900 -1950.....	88
Tabla 2.13. Proyectos de investigación bilaterales, 1995 a 2012. ....	90
Tabla 2.14. Factor de Impacto de los artículos publicados por país en revistas internacionales 1990-2011 .....	91
Tabla 2.15 Redes Temáticas 2011 .....	94
Tabla 2.16 Características de los principales centros de investigación en México 2012. ....	96
Tabla 3.1 Categorías de análisis de las trayectorias formativas, profesionales y las redes de colaboración de los científicos .....	100
Tabla 3.2 Impacto y validación del quehacer científico .....	102
Tabla 3.3 Distribución de los miembros del SNI según el área en que son evaluados y representación categorías 2 y 3 del SNI. ....	105
Tabla 3.4. Polos de formación del total de investigadores relacionados con la Biotecnología SNI 2012 .....	109
Tabla 3.5 Posición de los investigadores relacionados con la Biotecnología por institución y período de obtención del doctorado. SNI 2012.....	110
Tabla 3. 4 Entrevistas realizadas .....	112
Tabla 3.5. Código de identificación de Entrevistas.....	113
Tabla 4.1 Espacios de adscripción de los biotecnólogos en el SNI 2012 .....	120

Tabla 4. 2 Eventos, aplicaciones y actores involucrados en la visibilidad y evolución de la Biotecnología .....	122
Tabla 4.3 Ingreso de las principales compañías farmacéuticas en 2009.....	133
Tabla 5.1. Caracterización de las trayectorias por período de obtención del doctorado y colectivo.....	154
Tabla 5.2. Caracterización de los colectivos por género y período de obtención del doctorado.....	155
Tabla 5.3. Caracterización de los colectivos por lugar de nacimiento de los investigadores.....	155
Tabla 5.4. Investigadores con nivel 2 y 3 en el SNI, por período y colectivo seleccionado.....	156
Tabla 5.5 Investigadores participantes por campus y Línea Prioritaria de Investigación en COLPOS 2012.....	163
Tabla 5.6. Número de investigadores de COLPOS registrados en el SNI 2012 .....	164
Tabla 5.7 Oferta educativa del COLPOS-M registrada en el PNPC 2012. ....	164
Tabla 5. 8 Posición de los investigadores del COLPOS-M dentro del SNI en función del lugar de obtención del diploma de doctorado por período.....	167
Tabla 5. 9 Temas de los artículos COLPOS-M en SCOPUS 2006-2012.....	169
Tabla 5.10 Oferta educativa del IBT-UNAM 2012. ....	175
Tabla 5.11 Posición de los investigadores del IBT-UNAM dentro del SNI en función del lugar de obtención del diploma de doctorado y período. ....	176
Tabla 5. 12 Temas de los artículos IBT-UNAM en SCOPUS 2006-2012.....	178
Tabla 5.13 Oferta educativa del DBT-UAMI 2012 .....	181
Tabla 5.14. Posición de los investigadores del DBT-UAMI dentro del SNI en función del lugar de obtención del diploma de doctorado por período. ....	181
Tabla 5.15 Temas de los artículos DBT-UAMI en SCOPUS 2006-2012.....	182
Tabla 5. 16 Oferta educativa del CINVESTAV-I 2012. ....	185
Tabla 5.17 Posición de los investigadores del CINVESTAV-I dentro del SNI en función del lugar de obtención del diploma de doctorado y por período .....	187
Tabla 5. 18. Temas de los artículos CINVESTAV-I en SCOPUS 2006-2012 .....	188
Tabla 6.1 Composition de los colectivos en el SNI 2012 y Entrevistas realizadas.....	191
Tabla 6.2 Número de Investigadores entrevistados por período .....	193
Tabla 6.4 Trayectorias formativas, calificación en el SNI y adscripción de los investigadores entrevistados de Biotecnología (Primer período: antes de 1984). ....	203
Tabla 6.5. Línea de Investigación de los científicos entrevistados. Primer período: antes de 1984.....	206
Tabla 6.6 Trayectorias formativas, nivel SNI y adscripción de los investigadores entrevistados (Segundo período: de 1985-1996) .....	218
Tabla 6.7. Porcentaje de científicas entrevistadas en función de .....	218
los colectivos seleccionados. ....	218
Tabla 6.9 Línea de Investigación de los científicos entrevistados. Segundo período: de 1985-1996. ....	228



Tabla 6.11 Trayectorias formativas, nivel SNI y adscripción de los investigadores entrevistados (Tercer período: de 1997 -2012) .....	236
Tabla 6.11 Línea de Investigación de los científicos entrevistados. Tercer período: de 1997 -2012 .....	240
Tabla 6. 12 Lugar de formación a nivel doctorado de las investigadoras de Biotecnología por período y país de destino .....	244
Tabla 6.13 Clasificación dentro del SNI 2012 de las investigadoras en Biotecnología por período y lugar de formación .....	246

## ÍNDICE DE GRAFICAS

Diagrama 1.1 Espacios de conflicto en la realización del Quehacer Científico.....	16
Gráfica 1.1 Distribución del GIDE por tipo de actividad 2000-2009.....	28
Gráfica 1.2. Fuentes de financiamiento por país en 2010 .....	32
Gráfica 1.3. Gasto Federal, GIDE como porcentaje del PIB 1970 a 2012 .....	39
Diagrama 1.2. Hipótesis sobre los espacios de conflicto en la producción y validación del conocimiento.....	45
Mapa 2.1 Número de Investigadores dedicados a la investigación y al desarrollo de la CyT (por millón de habitantes) 2008-2012. ....	53
Gráfica 2.1 Polos de formación doctoral de los miembros del SNI 2010 antes de 1984.....	69
Gráfica 2.2 Polos de formación doctoral de los miembros del SNI 2010 de 1985-1996. ....	72
Mapa 2.2 Cobertura PROMEP 1996-2012.....	74
Gráfica 2.3 Polos de formación doctoral de los investigadores miembros del SNI en 2010 en el período de 1996 -2010 .....	75
Gráfica 2.4. Polos de formación doctoral por período y área SNI 2010.....	76
Gráfica 2.5. Calificación de los miembros del SNI 2010 por área.....	77
Gráfica 2.6. Instituciones con mayor porcentaje de Investigadores SNI en 2012 .....	78
Gráfica 2.7. Instituciones con mayor porcentaje de programas acreditados por COPAES 2013.....	82
Gráfica 2.8. Instituciones con mayor porcentaje de Programas de Posgrado Competencia Internacional, PNPC en 2012.....	84
Gráfica 2.9. Principales países de los coautores de los científicos Mexicanos 2007-2011 .....	89
Gráfica 2.10 Factor de impacto de las Publicaciones Mexicanas por área durante 2011 .....	91
Gráfica 2.11 Instituciones con mayor porcentaje de Cuerpos Académicos Consolidados en 2012 .....	92
Mapa 2.3 Redes Temáticas 2011 .....	94
Gráfica 3.1 Polos de formación de los miembros del SNI 2012.....	104
Gráfica 3.2 Miembros vigentes en el SNI 2012 con categoría 2 y 3 en los campos vinculados con la Biotecnología.....	108
Gráfica 4 1 Principales países de formación a nivel doctorado de los investigadores egresados de la Universidad Autónoma de Chapingo.....	129
Gráfica 4.2 Número de pequeñas compañías dedicadas al desarrollo de la Biotecnología, OCDE en 2011. ....	136
Gráfica 4.3 Empresas privadas dedicadas al desarrollo de la Biotecnología en México.....	136
Diagrama 4.1 Proceso de mejoramiento de los organismos. ....	137
Gráfica 4.4 Premios Nobel asociados a la Biotecnología 1970 -2012. ....	139
Gráfica 5. 1. Polos de formación del conjunto de los investigadores de los colectivos seccionados.....	156

Gráfica 5.2. Posición dentro del SNI 2012 de los investigadores del COLPOS-M en relación al conjunto de los colectivos seleccionados.....	166
Gráfica 5.4 País de origen de los investigadores con los cuales publican los investigadores del COLPOS-M 2006-2012. ....	169
Gráfica 5.4. Países con los cuales publican los investigadores del IBT-UNAM, 2006-2012. ....	178
Gráfica 5.5 Países con los cuales publican los investigadores del DBT-UAMI 2006-2012 .....	183
Gráfica 5.6. Principales países de formación a nivel doctorado de los investigadores del CINVESTAV-I .....	186
Gráfica 5.7 Coautores de los investigadores del CINVESTAV-I 2006-2012. ....	188
Gráfica 6.1 Distribución de investigadores por género 2002 y 2012.....	243